N° 3 15 FÉVRIER 1929

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences physiques.

Les différentes sortes de substances intermédiaires instables dans la Cinétique chimique.

De nombreuses expériences montrent que les réactions chimiques se poursuivent par le moyen de *substances intermédiaires instables*. Beaucoup de physico-chimistes et de physiciens admettent qu'il se forme, aussitôt après le commencement de la réaction, un état stationnaire, par suite duquel la *concentration* de la substance intermédiaire prend une valeur *constante*, indépendante du temps.

M. A. Skrabal vient de présenter à l'Académie des Sciences de Vienne[1] une théorie des réactions à produit intermédiaire instable qui jette un jour nouveau sur cette question. Il montre en particulier que l'hypothèse qui précède ne convient qu'à des cas singuliers, donc invraisemblables, et que la concentration de la substance intermédiaire *varie en général* avec le temps.

La seule hypothèse de la théorie qu'il développe consiste à admettre que les réactions entre les substances intermédiaires instables sont soumises aux lois cinétiques d'action de masse. L'auteur a développé cette théorie pour des réactions monomoléculaires, car seules les équations différentielles simultanées de ces dernières sont intégrables sous forme fermée. Mais les résultats du calcul peuvent être étendus aux réactions d'ordre supérieur.

M. Skrabal expose d'abord que la marche des réactions chimiques dans le temps peut être divisée en trois parties successives. Pendant la *période principale* de la réaction, les concentrations des substances qui disparaissent et qui se forment sont du même ordre de grandeur. Pour les réactions monomoléculaires, la période principale va d'un millième jusqu'à 10 fois le temps de relaxation. La période principale est précédée d'une *période préliminaire* et suivie d'une *période finale*. Quand la réversibilité de la réaction croît, la période finale disparaît d'abord, puis la période principale elle-même.

En règle générale, dans les réactions chimiques, on mesure le cours de la période principale. Les réactions très lentes ne peuvent être mesurées qu'à la période préliminaire, les réactions très rapides qu'à la période finale.

Si la réaction se poursuit par le moyen d'une *substance intermédiaire instable*, il se forme au cours de la *période préliminaire* un *état stationnaire*, caractérisé par le fait que le *rapport des concentrations* de la substance intermédiaire et du produit initial ou de la substance intermédiaire et du produit final est indépendant du temps, donc *constant*. Cet état stationnaire continue pendant toute la *période principale*. En général, il persiste encore pendant la *période finale* jusqu'au terme de la réaction; plus rarement, intervient dans cette période un *nouvel* état stationnaire tel que, dans la période principale, le rapport substance intermédiaire : produit initial est constant, tandis que dans la période finale c'est le rapport substance intermédiaire : produit final qui est constant.

Ce ne sont donc pas les concentrations, comme

1. Séance du 6 décembre 1928.

dans le postulat original, mais les rapports de concentration qui sont stationnaires.

L'état stationnaire se déduit des équations de l'intégrale générale par l'introduction des conditions d'instabilité et l'éloignement des différences nuisibles par un développement en séries.

Des équations ainsi établies, il résulte en outre que les réactions qui se poursuivent par le moyen de *substances intermédiaires instables* se comportent cinétiquement tout à fait comme les réactions *directes*, en substituant aux constantes de vitesse des réactions directes les constantes des réactions intermédiaires ou des agrégats de ces dernières.

Les *rapports de concentrations stationnaires* peuvent être représentés par des *quotients d'agrégats de constantes* et correspondent à l'état stationnaire qui est connu dans les transformations radio-actives sous le nom d'« équilibre transitoire ».

Lorsque, cependant, les rapports de concentration stationnaires et les rapports de constantes qui en déterminent la valeur appartiennent à des réactions intermédiaires qui sont entre elles dans les relations de réaction « aller et retour », les états stationnaires dégénèrent en équilibres chimiques. En considérant le fait que les constantes de vitesse des réactions chimiques sont ordinairement si différentes au point de vue de l'ordre de grandeur, il en résulte que les états stationnaires dégénérant en équilibres chimiques sont la règle.

On peut donc distinguer *deux espèces de substances intermédiaires instables* :

1° Substances intermédiaires qui à partir de la période principale sont en équilibre chimique avec les *substances initiales* et qu'on peut nommer *substances intermédiaires d'Arrhenius*;

2° Substances intermédiaires qui à partir de la période principale sont en équilibre chimique avec les *produits terminaux* de la réaction et qu'on peut nommer *substances intermédiaires de Van't Hoff*.

Les dernières correspondent à l'« état critique » de R. Marcelin et aux « complexes critiques instables » de J. N. Brönsted. Les premières sont celles que Brönsted appelle « complexes stables intermédiaires ».

Les concentrations courantes des deux espèces de substances intermédiaires peuvent être liées par une relation formelle. De celle-ci résulte que la concentration courante des substances intermédiaires d'Arrhénius est, toutes choses égales d'ailleurs, plus *forte* que celle des substances de Van't Hoff. Ces dernières sont donc plus *instables* que les premières. La grande instabilité des substances intermédiaires de Van't Hoff est la cause du fait que tant de réactions passent par ces dernières.

Si une réaction réversible se poursuit dans un sens par le moyen d'une substance intermédiaire de Van't Hoff, elle se poursuit dans le sens inverse par le moyen d'une substance d'Arrhénius, et vice-versa.

M. Skrabal montre encore qu'une réaction qui se poursuit par le moyen d'une substance intermédiaire de Van't Hoff peut être transformée, par *accélération catalytique*, en une réaction se poursuivant par le moyen d'une substance d'Arrhénius, et vice-versa.

Mais l'accélération catalytique d'une réaction qui se poursuit par le moyen d'une substance intermédiaire de Van't Hoff peut aussi conduire à l'*inauguration d'une nouvelle marche de la réaction*, de telle sorte qu'après la réaction *rapide* il se forme un produit de réaction *moins stable* qu'après la réaction *lente*. La vitesse règle donc la suite des stades de réaction. C'est une justification théorique de la « loi de régulation » indiquée depuis longtemps déjà par M. Skrabal.

L. B.

§ 2. — Sciences diverses.

La Commission Internationale de Coopération intellectuelle et la protection de la propriété scientifique.

On sait que M. Marcel Plaisant, Député, a été chargé du rapport sur la Propriété scientifique présenté au nom de la Commission des Droits intellectuels chargée de rédiger un projet de Convention internationale.

Un exemplaire de ce rapport a été déposé sur le Bureau de l'Académie des Sciences, et il nous a paru que nos lecteurs en prendraient connaissance de l'essentiel avec intérêt.

« Notre mission, dit M. Plaisant, comme rapporteur du Comité d'experts, consiste à bien discerner les courants et les tendances en face desquels nous nous sommes trouvés avec nos collègues, à tenter une définition du droit que nous avons voulu consacrer, enfin, à livrer la substance et à traduire l'esprit de la Convention internationale dont nous avons établi le texte. »

1° *Les courants en présence.*

Autant se développent les conséquences économiques de la guerre dans différents pays, en même temps que les signes d'une indubitable renaissance, autant apparaît la condition précaire des élites dans la ruée des intérêts matériels.

Cependant, à lire les premiers résultats de l'enquête, on aurait pu croire que les esprits les mieux intentionnés désespéraient de trouver une solution précise aux difficultés que soulève la protection des savants, tant il semblait délicat de définir les termes du droit, et imprudent d'en fixer les bases.

C'est pourquoi, M. Plaisant, dans son rapport du 14 juillet 1926, au nom de la Sous-Commission des droits intellectuels avait demandé à l'Institut international de poursuivre ses investigations.

Cette méthode donnait non seulement l'occasion à de nouvelles critiques d'apparaître au grand jour, mais encore contraignait les adversaires du projet à préciser leurs objections.

Il serait vain de ne pas reconnaître que dans quelques pays, tels que l'Allemagne, l'Angleterre, les

Etats-Unis, si l'esprit dominant n'est pas celui de l'hostilité au projet, du moins semble-t-il avoir rencontré la méfiance.

Au fond la critique qui se dégage très certainement des milieux industriels, c'est que la propriété scientifique n'est qu'une conception trop idéale ; qu'elle n'est qu'un droit proclamé par ses défenseurs, mais privé de définition dans son objet, dans ses attributs et dans son exercice.

A bien y voir, les réserves soulevées en Angleterre, en Italie, aux Etats-Unis, en Belgique, ressemblent à une prudence de juristes qui attendent de nouvelles conclusions de leurs adversaires pour serrer les points vitaux du débat. La propriété scientifique traverse une crise « de verborum significatione ».

Un autre courant est celui qui se manifeste chez ceux qui redoutent un bouleversement des rapports juridiques actuellement établis entre inventeurs et industriels.

En laissant de côté tous les projets de récompenses nationales aux savants, de caisses nationales envisagées par les projets Torres-Quevedo ou Gariel, il est, en définitive, assez naturel que le monde industriel ait marqué une réticence jusqu'au jour où il saura ce que l'on exige de lui.

Tel est l'intérêt capital de la Convention objet du rapport de M. Plaisant.

2° *De la nature du droit.*

Le droit nouveau que la Commission entend spécifier échappe aux normes connues. Il ne sera pas le droit d'auteur, réglementé par la Convention de Berne, car ce n'est pas un droit de propriété littéraire scientifique. Et cela est juste car les capacités différentes qui se manifestent dans les sphères qui n'ont pas le même rayon ne sauraient être investies de droits semblables.

Le droit dont il s'agit ne sera donc pas le droit de l'inventeur; il ne doit pas et il ne peut pas troubler les rapports juridiques établis par la législation des brevets d'invention.

Pour reconnaître ce droit, il faut en revenir aux principes développés par Gierke et Kohler, et reprendre la formule d'un vieux légiste de la renaissance : « inhaerent ossibus, sicut lepra cuti ».

Le droit de propriété scientifique ne saurait se traduire par un monopole d'exploitation; il n'est pas exclusif, on doit simplement lui rendre hommage. C'est là son trait essentiel. A lui ne saurait être applicable le « jus utendi a abutendi ».

Il se manifestera simplement par le paiement d'une redevance recognitive de la haute paternité du savant et du chercheur sur les applications industrielles dérivées de sa découverte. Cette redevance doit être infiniment variable afin de laisser en cette matière toute latitude à l'accord des parties ou à l'arbitrage des tribunaux.

3° *Examen de la Convention.*

La Convention est divisée en 5 titres et 20 articles d'une brièveté voulue pour éviter toute cause d'obscurité. Les textes ont été arrêtés à la suite de discussions approfondies.

Le titre I pose en trois articles le principe du droit. La découverte scientifique qui ouvre à son auteur un droit à rémunération, doit répondre à une double condition :

1° Etre susceptible d'une utilisation matérielle;

2° Avoir pour conséquence un moyen nouveau de production ou la mise en œuvre nouvelle de moyens connus.

Le titre II est consacré aux droits et obligations des auteurs. Pour bien comprendre la portée de l'article 4, il est essentiel de distinguer la naissance du droit et la revendication du droit.

La naissance du droit ressortira de toute publication non équivoque; tout mode de publication ayant date certaine permettra à l'auteur d'administrer la preuve de sa priorité.

Pour l'exercice de l'action en revendication, seul le dépôt enregistré par un organisme international d'une note revendiquant le droit est opposable aux usagers.

L'article 5 fixe à 30 ans la durée du droit, et les débats récents de la Conférence de Rome, où il a été impossible d'obtenir 50 ans en matière de droit d'auteur, justifient cette prudente limite.

L'article 6, établit le régime de la réciprocité diplomatique et est conforme à la tendance actuelle du droit international.

L'article 7 prescrivant que la publication antérieure de la découverte par son auteur n'entraîne au détriment de celui-ci aucune déchéance ne présente qu'un caractère purement explétif. Les inventeurs ont tenu à cet article en souvenir de la divulgation du fait personnel qui est destructive de la nouveauté en matière de brevets d'invention.

Le titre III qui fixe la situation des usagers dans les articles 8, 9, 10 est destiné à faire ressortir que le droit nouveau n'est pas un monopole d'exploitation.

Dans l'article 11 a été introduite une procédure de révision inspirée par le nouveau projet de loi français sur les brevets d'invention.

L'article 12 suppose un conflit qui est inévitable dans la rivalité des idées. Un savant conteste son droit à un autre créateur déjà régulièrement nanti en vertu d'un contrat passé avec un usager; il doit pouvoir agir en revendication contre cet auteur injustement investi. Il aura donc une action comparable à la procédure de collision aux Etats-Unis et à la procédure d'interférence en Angleterre. Mais cette action ouvre un débat entre les deux auteurs seulement, en passant par-dessus la tête de l'usager.

Le titre IV indique que dans le cas où les parties appartiennent à un même pays, il n'y a pas lieu de prévoir de règles spéciales de compétence. Le droit commun sera applicable. Lorsque les parties sont ressortissantes de pays différents, ou bien elles tombent d'accord sur le choix d'une juridiction, ou bien elles sont recevables à se pourvoir devant le

Président de la Cour permanente de Justice internationale.

Souvent inhabiles à défendre leurs droits, les savants seraient reçus à se faire représenter par des groupements professionnels de même d'ailleurs que les usagers.

Nous donnons ci-dessous les articles essentiels du projet de Convention internationale relative à la propriété scientifique.

TITRE I

Principe du droit.

ARTICLE PREMIER. — Toute découverte susceptible d'une utilisation matérielle ouvre à son auteur à l'égard des usagers un droit à rémunération dans les conditions et sous les réserves ci-après.

ART. 2. — Ne sera considérée comme utilisation matérielle au sens de l'article précédent qu'une utilisation contribuant à une production destinée au commerce.

ART. 3. — Ne seront admises au bénéfice de l'article 2 que les découvertes ayant pour conséquence des moyens nouveaux de production, ou une mise en œuvre nouvelle de moyens déjà connus. Sont exclues du bénéfice dudit article les démonstrations, explications ou commentaires de découvertes antérieures.

TITRE II

Droits et obligations des auteurs.

ART. 4. — Le droit de l'auteur d'une découverte scientifique prend naissance par sa publication non équivoque.

L'exercice de ce droit n'aura effet à l'égard des usagers de la découverte, qu'à dater du dépôt, enregistré par un organisme international d'une note revendiquant au profit de l'auteur de la découverte le droit prévu à l'article 1, sur toutes applications matérielles qui pourraient en être faites.

ART. 5. — La durée de protection accordée par la présente Convention aux auteurs de découvertes ou à leurs ayants cause est de *trente ans*, à dater du jour de l'enregistrement prévu à l'article 4.

ART. 6. — Les auteurs des découvertes ressortissant à chacun des Etats contractants et leurs ayants cause jouiront, dans tous les autres Etats, de droits et avantages égaux à ceux que les lois respectives accordent actuellement ou accorderont ultérieurement aux nationaux.

ART. 7. — La publication antérieure de la découverte par son auteur n'entraînera au détriment de celui-ci aucune déchéance.

TITRE III

Droits et obligations des usagers.

ART. 8. — Toute entreprise pourra utiliser l'objet de la découverte scientifique revendiquée par le dépôt sous la condition d'une prestation due à l'auteur et fixée soit par l'accord des parties, soit, à défaut d'accord par la voie judiciaire.

ART. 9. — Toute entreprise saisie d'une demande émanant de l'auteur d'une découverte, déposée conformément à l'article 4 de la présente Convention, sera tenue d'entrer en négociations pour la fixation amiable de la prestation stipulée à l'article précédent.

ART. 10. — A défaut d'entente amiable, la partie la plus diligente se pourvoira par les voies de droit.

ART. 11. — Si, après une période de cinq ans, il apparaît à l'une des parties que la prestation fixée ne répond plus à la valeur du service, celle-ci sera recevable à demander la révision judiciaire du règlement précédemment adoptée. Cette révision pourra se renouveler à l'expiration de chaque période quinquennale.

ART. 12. — Quiconque prétendra qu'un contrat passé entre un auteur d'une découverte et une entreprise a été conclu à son préjudice, ou qu'un jugement a été rendu contre son droit, sera recevable à intenter une action en revendication contre l'auteur injustement investi.

Tout jugement rendu et restituant le véritable auteur dans ses droits entraînera transport de la créance sur l'entreprise au profit de celui-ci, sans préjudice d'une juste indemnité pour le dommage passé, dû par l'auteur injustement investi.

ART. 13. — Seront considérées comme nulles et non avenues, en tant que contraires à l'ordre public, toutes stipulations particulières faisant échec aux dispositions de la présente convention.

TITRE IV

Les articles 14, 15, 16 et 17 sont relatifs aux règles de compétence.

TITRE V

Les articles 18, 19, 20 concernent les dispositions diverses.

L. P.

LES RÉCENTES CONFIRMATIONS EXPÉRIMENTALES DE LA MÉCANIQUE ONDULATOIRE DANS LE CAS DU MOUVEMENT DES ÉLECTRONS

Un certain nombre d'expériences récentes, exécutées dans des conditions variées ont mis hors de doute un fait extrêmement remarquable que la nouvelle mécanique ondulatoire laissait prévoir : un électron, et probablement un projectile de nature quelconque, pourvu que sa masse soit très petite, n'obéit pas aux lois de la mécanique classique, même amendées par la relativité, mais voit sa trajectoire épouser les rayons d'une onde dont la longueur d'onde est

$$\text{I)} \qquad \lambda = \frac{h\sqrt{1-\beta^2}}{m_0 v}.$$

Dans cette formule h est la constante de Planck β le rapport de la vitesse v du mobile à la vitesse de la lumière et m_0 la masse du mobile.

Un faisceau de tels projectiles présente donc des propriétés optiques telles que la réfraction, la diffraction et les interférences.

En d'autres termes, quand un faisceau d'électrons vient à passer par une ouverture très étroite, ou à rencontrer un système régulièrement disposé tel qu'en présentent les réseaux optiques et, à une échelle plus petite, les réseaux cristallins, il doit non pas continuer son chemin suivant les règles du principe de l'inertie, mais se partager en un certain nombre de faisceaux correspondant aux maxima d'intensité que présenterait une certaine onde, si elle était admise à se propager dans les mêmes circonstances.

C'est cette onde qui est définie par la formule I), il convient donc d'examiner ce que devient cette formule lorsqu'on l'applique au mouvement d'un électron lancé par une différence de potentiel V. Si ce corpuscule n'a pas une trop grande vitesse et que l'on puisse négliger celle-ci devant la vitesse de la lumière on trouve, en remplaçant les constantes m_0 et h par leurs valeurs, et en exprimant V en volts :

$$\lambda = \frac{12{,}24}{\sqrt{V}} \text{ unités Angström.}$$

Dans quel domaine spectral doit-on chercher à vérifier ces prévisions ? Si l'on se reporte alors aux rayons X, on voit que les radiations avec lesquelles on réalise sans difficulté les expériences bien connues de diffraction cristalline ont des longueurs d'onde comprises entre quelques Angströms et quelques centièmes d'Angström, celà correspond dans l'expression précédente à des électrons lancés par quelques dizaines de volts ou par cent mille volts et davantage.

Il suffira donc d'appliquer des tensions de cet ordre à un faisceau d'électrons pour se trouver dans les mêmes conditions que les rayons X ; c'est ce qu'ont fait les physiciens, dont on va décrire les dispositifs.

1° Expérience de Davisson et Germer sur la diffraction d'un faisceau d'électrons frappant la surface d'un cristal.

En 1925, MM. Davisson et Germer, au laboratoire Bell de New-York, s'étaient proposés d'étudier la répartition en direction d'un faisceau d'électrons frappant un obstacle ; l'anticathode choisie était en nickel et les auteurs ne s'attendaient pas à trouver un phénomène d'origine ondulatoire. En fait, leurs premières expériences exécutées avec une pièce de métal formé d'un grand nombre de petits cristaux ne donnèrent pas de résultats qui aient attiré l'attention ; mais, à la suite d'un accident, la zone frappée par les électrons se trouva être constituée par quelques cristaux étendus et les phénomènes observés changèrent complètement d'allure : il apparût qu'après avoir frappé l'obtacle, les électrons se groupaient en un certain nombre de faisceaux étroits et bien définis, de façon à rappeler les expériences de Laue.

L'appareil, placé dans le vide, comportait trois parties essentielles : d'abord le « canon » à électrons constitué par un filament chauffé, source des électrons, un champ accélérateur et un dispositif de centrage du faisceau ; puis la plaque cristalline de nickel servant à la diffusion et un collecteur d'électrons sorte de cage de Faraday rendue mobile de façon à explorer les différents azimuts. L'énergie des corpuscules correspondait à quelques centaines de volts et les résultats numériques se montrèrent en bon accord avec la formule :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

de la mécanique ondulatoire.

Chose intéressante quelques-uns des faisceaux diffractés ne provenaient pas de l'action du cristal de nickel lui-même, mais de la couche de gaz restée adhérente qui paraît former une sorte d'organisation cristalline à la surface du métal.

Les résultats de Davisson et Germer ont été les premiers à signaler la diffraction cristalline des électrons; deux ans plus tard les mêmes auteurs ont repris leurs expériences en leur donnant la forme ordinaire de la spectrographie des rayons X avec cristal tournant et évaluation des longueurs d'onde par la formule de Bragg[1]. Dans l'ensemble les résultats ont, de nouveau, été conformes aux prévisions de la mécanique ondulatoire; de petites différences systématiques entre les longueurs d'onde observées et calculées s'interprètent en faisant intervenir un indice de réfraction du cristal employé; cet indice varierait régulièrement de 1,13 pour 1,6 Angström à 1,01 pour 0,5 Angström en devenant pratiquement égal à l'unité au-dessous de quelques dixièmes d'unité Angström.

Expériences de G. P. Thomson.

M. G. P. Thomson professeur à l'Université d'Aberdeen et fils de l'illustre master de Trinity Collège, a apporté à la diffraction des électrons une très remarquable contribution en employant un appareil tout différent de celui des auteurs américains.

Dans une première série d'expériences, un tube où des rayons cathodiques prennent naissance et sont accélérés par une différence de potentiel totale qui peut aller de 12.000 à 60.000 volts contient un collimateur; c'est un dispositif formé d'un cylindre métallique plein percé d'un petit trou qui canalise les rayons, ce tube est protégé par une gaine de fer contre les effets magnétiques. Plus loin se trouve un film mince servant d'écran, puis à 32 centimètres de ce dernier la plaque photographique perpendiculaire à la direction initiale du faisceau cathodique (j'ai montré en 1914[2] que dans le cas des rayons X on obtenait ainsi un système de halos dus à la structure microcristalline de l'écran et ce phénomène est devenu, plus tard, entre les mains de Debye et Sherrer et de Hull, un procédé courant de la technique de ces rayons).

Les membranes minces qui servent d'écrans étaient préparées par G. P. Thomson en attaquant des feuilles d'aluminium par de la potasse caustique ou des feuilles d'or par de l'eau régale jusqu'à la plus extrême ténuité qu'il fut possible d'obtenir; leur épaisseur était estimée à environ un dixième de micron.

Sur la plaque photographique on voit une série d'anneaux et on peut alors vérifier les lois suivantes :

a) En faisant croître le voltage V les diamètres *d* des anneaux diminuent de telle manière que le produit $d\sqrt{V}$ reste constant, ce qui est bien la caractéristique des diagrammes de diffraction dus à des radiations ondulatoires.

b) Les expériences de rayons X ont permis de calculer les constantes réticulaires des microcristaux des membranes métalliques traversées; en partant de ces résultats on peut calculer les longueurs d'onde en fonction du diamètre de ces anneaux.

La relation de Louis de Broglie

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v}$$

se vérifie alors à un pour cent près; le fait que les diagrammes obtenus sont bien dus à des électrons se vérifie en faisant intervenir un champ magnétique, qui agit sur les trajectoires corpusculaires et déforme les anneaux.

D'autres expériences de Reid, d'Ironside, de Kikuchi, etc., exécutées avec des feuilles de celluloïd, de différentsmétaux et de mica, et poursuivies avec des dispositifs analogues ont conduit à des résultats similaires.

Expériences de Rupp.

Les recherches de Rupp méritent une place à part parce que l'énergie des électrons employés était d'un tout autre ordre de grandeur, ceux-ci en effet n'étaient lancés que par des chutes de potentiel de 120 à 320 volts et correspondaient donc à des rayons de longueur d'onde beaucoup plus grande; leur très faible pénétration exigeait aussi une préparation beaucoup plus délicate des écrans.

Ceux-ci étaient obtenus en condensant dans le vide des vapeurs métalliques sur une plaque de sel gemme poli et desséché (épaisseur estimée de l'ordre de 10^{-6} cm.), et en dissolvant le support de sel gemme. Il est impossible naturellement d'affirmer que de telles pellicules sont continues et ne présentent pas de trous; mais des électrons ou des ondes, passant par ces trous, touchent tangentiellement les cristaux des bords et doivent encore donner des diagrammes de diffraction.

L'expérience a montré l'existence de halos un peu diffus satisfaisant à la relation de la mécanique ondulatoire

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2em}} \cdot \frac{1}{\sqrt{V}}$$

en prenant toutefois pour V une valeur un peu différente du potentiel réel, ce que les auteurs

1. Des expériences effectuées par M. Rose au Cavendish Laboratory de Cambridge, dans le même ordre d'idée, ont également vérifié les prévisions de la nouvelle mécanique des corpuscules.

2. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 2 février 1914.

interprètent par l'existence d'un indice de réfraction légèrement supérieur à l'unité.

Diffraction des électrons par un réseau optique ordinaire.

On sait qu'il a été possible d'obtenir (Compton, Thibaud) le spectre de diffraction des rayons X au moyen de réseaux ordinaires à condition de les employer sous une incidence rasante. Cette méthode joint à l'avantage pratique de se prêter particulièrement à l'étude des rayons absorbables de grande longueur d'onde, puisqu'il n'y a pas de milieu matériel à traverser, le grand intérêt théorique de fournir une évaluation absolue des longueurs d'onde en fonction de la constante directement mesurée du réseau employé.

Rupp a réussi à exécuter des expériences du même type au moyen d'un faisceau d'électrons lents.

Il faut naturellement employer un réseau métallique pour éviter l'effet des charges statiques et utiliser également un faisceau fin et parfaitement défini de corpuscules; cette dernière condition est remplie en faisant passer les électrons dans un champ magnétique non uniforme dont l'effet correspond à celui d'une lentille vis-à-vis des rayons lumineux. On peut alors observer les spectres jusqu'au troisième ordre et les résultats ont vérifié dans la limite des erreurs d'expériences la formule fondamentale de la mécanique ondulatoire due à Louis de Broglie.

Le fait paraît donc aujourd'hui hors de doute; des projectiles, les électrons, voient les lois géométriques de leurs mouvements, gouvernés par des ondes et les preuves de leur caractère ondulatoire sont aussi fortes, que dans le cas de la lumière ordinaire et des rayons X. C'est la fusion, depuis longtemps pressentie, des deux points de vue dont la divergence constituait jusqu'ici un des points les plus obscurs de la physique.

Que sont ces ondes-pilotes dont la considération s'imposera désormais? Il sortirait du cadre de cet exposé d'indiquer comment la mécanique ondulatoire a été amenée à les envisager; nous indiquerons seulement que deux propriétés fondamentales les séparent des ondes optiques ordinaires. Elles se propagent avec une vitesse $\frac{c^2}{v}$ plus grande que la vitesse de la lumière puisque cette dernière est égale à c et que la vitesse v des électrons lui est inférieure et, de plus, elles ne transportent pas d'énergie sur leur surface d'onde, comme on l'admet pour les ondes lumineures; c'est même cette dernière particularité qui ne les met pas en contradiction avec la théorie de la relativité; l'énergie du phénomène qu'elles accompagnent, seule susceptible de se manifester par les effets de passage des électrons, suit ces derniers avec leur vitesse v, qui est la vitesse de groupe d'un ensemble d'ondes-pilotes.

Les ondes nouvelles interviennent donc plutôt comme une sorte d'artifice de calcul pour prévoir les trajectoires des électrons, que comme un nouveau phénomène physique; mais leur véritable nature ne pourra être éclaircie qu'au prix de nouveaux progrès dans la voie si originale qui vient d'être ouverte.

Maurice de Broglie,
Membre de l'Institut.

LA CONSTITUTION DE LA TERRE D'APRÈS L'ÉTUDE DES ONDES SÉISMIQUES *

La séismologie ne consiste pas seulement à dresser des catalogues de tremblements de terre. Si elle n'envisageait que des travaux de statistique, elle perdrait beaucoup de son importance. Son véritable rôle, c'est de contribuer à la connaissance de notre globe, de permettre de faire un choix parmi les hypothèses, de déterminer la constitution du sous-sol[1]. Oldham disait que le séismographe est l'œil avec lequel nous pouvons regarder dans les entrailles de la terre, calculer la densité des masses, déterminer ses constantes élastiques. De mon côté, je le comparerais volontiers au tube de Crookes, qui permet au médecin d'observer l'intérieur du corps humain.

Le séismographe est une masse inerte mobile autour d'un axe, d'un support qui lui-même est

* Les matières de cet article ont été exposées à l'Université de Liège au cours de leçons professées par l'auteur en mars 1928, à titre de professeur d'échange.

1. Voir l'historique de la séismologie dans la préface de : « Le Tremblement de Terre », par E. Rothé (Alcan, Paris, 1925). — V. aussi : *Scientia*, février 1925, « Les Tremblements de Terre et l'état actuel de la séismologie », — et : « Alexis Perrey, Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon, sismologue français, 1807-1882 », par E. Rothé, Directeur du Bureau Central Sismologique, et H. Godron, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Extrait des *Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon*.

entraîné par le mouvement de la terre. C'est donc un pendule pesant. L'axe peut d'ailleurs être soit horizontal comme dans le cas d'un pendule ordinaire, soit très voisin de la verticale, comme dans le cas de cet instrument de sensibilité merveilleuse, le pendule horizontal. Lorsque la terre subit une accélération dans une direction déterminée, le mouvement de ce pendule est donné par une équation différentielle que l'on peut ramener à la forme classique

$$\Theta'' + 2\varepsilon\Theta' + n^2\Theta + \frac{x''}{l} = 0,$$

où θ est la déviation à un instant t, ε le coefficient d'amortissement, l la longueur du pendule simple synchrone équivalent; n^2 est égal à $\frac{g}{l}$ ou $\frac{g \sin i}{l}$ suivant que l'on a affaire à un pendule vertical ou horizontal; x'' est l'accélération du sol dans la direction x.

Il existe aussi un type plus compliqué et plus précis de séismographe, où l'on transforme l'énergie mécanique en énergie électrique : on inscrit alors non pas directement les mouvements relatifs d'un pendule par rapport au sol, mais les déviations d'un galvanomètre. L'inscription que l'on obtient diffère du mouvement véritable du sol. La discussion de l'équation précédente montre que le grandissement dépend du rapport entre la période propre du séismographe et celle de l'oscillation de la terre; l'inscription subit un décalage que l'on appelle le temps de « relaxation » par rapport au mouvement initial.

Aussi une station centrale doit-elle posséder toute une gamme d'instruments afin de pouvoir grossir d'une manière suffisante toutes les ondes qui agitent le sol de cette station, sans en laisser échapper aucune.

Il existe à Strasbourg un grand séismographe de 19 tonnes de faible période (1s,6) destiné à l'étude des mouvements très rapides, à courte période, et qui grandit 2.000 fois les mouvements périodiques rapides d'une seconde; — des appareils Wiechert de période 10s environ; — des Galitzine dont la période peut atteindre 24s*; — un Milne-Shaw à inscription photographique; — des pendules horizontaux, type Mainka, construits par la Société d'Optique et de Mécanique de précision de Paris.

Il devient alors possible, lors d'un séisme, d'obtenir l'inscription des diverses ondes dans tous leurs détails.

Ce que je voudrais montrer dans cet article, c'est comment, de l'inscription de ces ondes, on peut déduire des conclusions sur la constitution interne du globe.

Je me propose d'abord d'énumérer les divers genres d'ondes inscrites ou, suivant l'expression consacrée, les diverses phases. Elles sont extrêmement nombreuses.

Un premier impetus correspond le plus souvent à des périodes relativement courtes; on désigne cette phase initiale sous le nom d'ondes P (primae). Après des variations très nombreuses et irrégulières, une autre phase apparaît; ce sont les S (secundae) qui se distinguent des précédentes tant par l'amplitude que par la période. Elles sont formées, elles aussi, de nombreuses oscillations où, comme dans les P, on voit surgir tout à coup des élongations spéciales correspondant à des phases PR_1, PR_2, — SR_1, SR_2, etc., dont nous justifierons les dénominations.

J'insiste tout de suite sur le fait que dans le cas de tremblements de terre rapprochés les phases qui succèdent à P sont souvent multiples et d'une grande netteté. Il y aura donc lieu de faire, à ce sujet, une distinction entre les phénomènes éloignés et rapprochés.

Après les S commencent les ondes que les séismologues appellent la phase principale, parce qu'en général les élongations y sont plus importantes que dans les P et les S, que l'on nomme alors, par opposition, les préliminaires. Ces noms ne sont peut-être pas très bien choisis, car les différentes ondes se distinguent beaucoup plus par leur origine et leurs propriétés mécaniques que par leur succession dans le temps.

Les ondes de la phase principale se subdivisent en plusieurs catégories, mais on peut en distinguer trois plus apparentes : d'abord des ondes à grandes périodes qui constituent en quelque sorte la phase introductrice avec prédominance de mouvements transversaux; puis se manifestent des périodes plus courtes; enfin les instruments disposés pour inscrire les secousses normales à la surface de la terre commencent à inscrire des composantes verticales très importantes, alors que jusqu'à cette phase *les vibrations s'effectuaient surtout dans le plan horizontal.*

Dans cette phase, dite principale, on voit souvent des ondes sinusoïdales très développées présentant des maximums disposés par trains successifs, visibles sur les diverses composantes, particulièrement nettes sur certaines inscriptions verticales.

Lorsqu'on a à sa disposition les inscriptions de la composante du mouvement suivant la verticale et suivant deux directions rectangulaires dans le plan horizontal, on peut se proposer de recher-

* Pour des raisons spéciales on l'a réduite, à Strasbourg, à 12s.

cher à une même époque déterminée, et en tenant compte des décalages, les composantes du mouvement suivant la direction de propagation ou la direction perpendiculaire. On peut établir dans l'espace la position de la vibration incidente. On est alors renseigné sur la nature des différentes vibrations dont il vient d'être question.

Les ondes P sont des ondes à vibrations longitudinales, s'effectuant dans le sens même de la propagation ; les ondes S sont des ondes transversales dans lesquelles les vibrations s'effectuent perpendiculairement à la direction de propagation.

C'est en 1830 que Poisson montra qu'un corps élastique homogène et isotrope de dimensions illimitées peut transmettre des ondes de deux vitesses différentes, et qu'à une certaine distance du foyer le mouvement transmis par l'onde la plus rapide est longitudinal, — par l'onde la plus lente, transversal [1].

De son côté Stokes, en 1849, publia un important mémoire où il prouva que l'onde la plus rapide de vitesse $a = \sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\rho}}$ est une onde de compression ou dilatation *sans rotation*, tandis que la plus lente de vitesse $b = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ caractérise un mouvement relatif de rotation des différents éléments du corps. Dans ces expressions λ et μ sont les coefficients d'élasticité de Lamé.

Il est intéressant de voir comment on a relié ces premiers travaux mathématiques aux observations séismologiques. Il suffit pour cela de se reporter aux précurseurs de la séismologie physico-mathématique, savants du siècle dernier, car si la séismologie est ancienne, l'étude réellement scientifique est de date toute récente.

Perrey n'ignorait pas la théorie des ondes séismiques, comme le prouve un mémoire adressé à Lamé où il rappelle les idées de Wertheim, et parlant de l'ingénieur anglais Mallet, il rappelle que « l'auteur, envisageant ici le phénomène sous le point de vue théorique, fait allusion aux deux espèces de vibrations qui existent simultanément dans un corps élastique, les vibrations longitudinales et les vibrations transversales. Poisson a démontré que la vitesse de translation des premières est plus grande que celle des secondes ».

Il est aujourd'hui reconnu que les ondes P et les ondes S correspondent aux solutions des équations générales du mouvement.

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda+\mu)\frac{\partial \Theta}{\partial x} + \mu \Delta u$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = (\lambda+\mu)\frac{\partial \Theta}{\partial y} + \mu \Delta v$$

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = (\lambda+\mu)\frac{\partial \Theta}{\partial z} + \mu \Delta w$$

où ρ est la masse spécifique,
et λ, μ les coefficients de Lamé,

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \cdots, \text{ etc.}$$

Equations que l'on peut amener sous la forme

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial t^2} = \frac{\lambda+2\mu}{\rho}\Delta\Theta,$$

$$\Theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

(variation de l'unité de volume)

équation qui exprime la propagation d'une onde de condensation ou de dilatation avec la vitesse

$$\sqrt{\frac{\lambda+\mu}{\rho}} = \frac{a}{\rho} = a.$$

Des équations générales on peut aussi tirer

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho}\Delta\xi \qquad \xi = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}\right]$$

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho}\Delta\eta \quad \text{où} \quad \eta = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right]$$

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho}\Delta\zeta \qquad \zeta = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right]$$

qui exprime la propagation d'un mouvement de distorsion ou de cisaillement : on peut envisager le cas d'une onde plane se déplaçant perpendiculairement à la direction de propagation et dont les vibrations effectuées dans un tel plan sont transversales. Wiechert a d'ailleurs présenté l'ensemble des deux solutions dans la notation vectorielle en écrivant l'équation .

$$\frac{d^2 U}{dt^2} a^2 \text{ gradient Div U} - \mathcal{B}^2 \text{ curlcurl U}.$$

Lorsqu'on porte en abscisses les distances d'une station à l'épicentre, comptées le long d'un grand cercle de la sphère terrestre, en ordonnées les temps d'arrivée des ondes P et S, on obtient des courbes que l'on peut appeler courbes de propagation ou hodographes de ces ondes. On construit ces courbes grâce aux données de l'observation : elles dépendent de la manière dont varie la vitesse de propagation des ondes longitudinales et transversales a et b avec la profondeur.

Tout d'abord on sait bien qu'on peut appliquer au rayon séismique de propagation des ondes planes le principe de Fermat ou de la Brachystochronie : le chemin suivi est tel qu'il soit parcouru dans le temps le plus court possible. Si l'on appelle v_1 et v_2 les vitesses d'une même onde dans deux couches déterminées, il se produit à la surface de séparation une réfraction

1. « Mémoires sur la propagation dans les milieux élastiques », *Mémoires de l'Académie de Paris*, t. X, 1831.

telle que l'on ait entre les angles d'incidence la relation connue

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

n_1 et n_2 désignant les indices de réfraction.

On peut d'ailleurs établir d'une manière simple que, si l'on appelle r la distance de la surface considérée au centre de la terre, on a tout le long de la trajectoire séismique la relation

$$nr \sin i = c^{te} \quad nr \cos e = c^{te} \quad e = 90° - i.$$

Cette relation est fondamentale parce qu'elle conduit à l'équation différentielle de la trajectoire du rayon séismique. On peut écrire la relation différentielle

$$dt = \pm \frac{r}{v} \frac{dr}{\sqrt{r^2 - a^2 v^2}}.$$

L'intégration de cette équation exige que l'on connaisse la relation $v = f(r)$. On admet que la vitesse est la même à la même distance. C'est supposer la terre *formée de couches concentriques homogènes.* On est bien obligé de partir d'abord de données simples, de supposer l'homogénéité, comme en mécanique on fait d'abord de la mécanique rationnelle avant d'aborder les complications de la mécanique appliquée.

Au cours d'un travail exécuté à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg [1], j'ai engagé Mlle Dammann, assistante à cet Institut, à rechercher quelle est la loi qui conviendrait le mieux. Elle a comparé d'abord la loi polytropique simple

$$vr^k = v_0 r_0^k,$$

v_0, r_0 données relatives au sol, et la loi plus complexe

$$v = V\left[1 + \alpha\left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$$

où V et α sont des constantes pour une couche donnée; V serait la vitesse au centre de la terre, si la loi pouvait s'appliquer à l'ensemble du globe avec la même valeur de α.

Les deux lois étudiées conduisent à des résultats très voisins pour le calcul des durées de propagation dans l'écorce superficielle; aussi les observations utilisées ne permettent-elles pas d'en adopter une de préférence à l'autre, pour représenter la variation de la vitesse jusqu'à la profondeur de 50 km. Entre 50 et 1.500 km., la loi du second degré convient mieux que la première, car elle permet d'exprimer les durées de propagation en ne considérant que deux couches au lieu de cinq envisagées dans l'application de la loi $v = v_0\left(\frac{r_0}{r}\right)^k$; de 1.500 à 2.500 km. avec l'hypothèse d'une vitesse constante, l'accord obtenu entre les heures calculées et les données d'observation est satisfaisant.

Les résultats d'observation sont d'accord avec l'hypothèse d'une vitesse croissant avec la profondeur, au moins à partir de la surface; le rayon séismique est donc curviligne et sa convexité est tournée vers le centre de la terre. La trajectoire est donc tout à fait analogue à celle d'un rayon lumineux dans un milieu dont l'indice de réfraction est variable. La vitesse

$$a = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

peut s'écrire

$$a = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1 - \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}}.$$

Le coefficient de Poisson σ conserve une valeur à peu près invariable; la variation de vitesse dépend donc surtout de $\frac{E}{\rho}$ et *le fait que la vitesse augmente avec la profondeur prouve que le module de Young augmente plus vite que la densité.*

Telle est donc la première conclusion qui s'impose à l'esprit par l'étude des ondes préliminaires.

La variation de la densité avec la profondeur peut d'ailleurs s'exprimer, d'après M. Véronnet, par la loi $\rho = \rho_0(1 - \alpha r^2)^m$ où m peut prendre les valeurs 2, 3, etc.

Les ondes P et les ondes S peuvent subir des réflexions et des réfractions sur des surfaces de discontinuité, c'est-à-dire séparant des milieux de matière différente. Je ne rappellerai pas ici les considérations géométriques relatives aux réflexions des ondes planes. On sait bien que si on appelle v la vitesse de propagation d'un certain genre d'ondes ($v = a$ ou b suivant le cas envisagé), V la vitesse apparente à la surface de la terre « vitesse de surface », a et b les vitesses des ondes longitudinales et transversales, i, i_{ra}, i_{rb} les angles d'incidence et de réflexion,

$$V = \frac{v}{\sin i} = \frac{a}{\sin i_{ra}} = \frac{b}{\sin i_{rb}}.$$

Ces relations montrent immédiatement que seule l'onde réfléchie de même nature que l'incidente se réfléchit sous le même angle ($i = i_{ra}$, si $v = a$). A la surface de séparation de deux milieux il peut y avoir aussi réfraction, mais à la surface de la terre, seule la réflexion intervient.

Si l'onde réfléchie est longitudinale $b < a$, les deux angles i_{ra} et i_{rb} sont réels, il y a donc deux ondes planes réfléchies d'intensité uniforme, une longitudinale et une transversale. Il est évi-

1. « Le tremblement de terre du Kan-sou (16 décembre 1920). Étude physique et mathématique de la propagation », par Mlle Y. Dammann.

dent par raison de symétrie que les ondes transversales se produisent dans le plan d'incidence.

Si l'onde réfléchie est transversale, il y a lieu de distinguer deux cas.

1° Les vibrations se produisent parallèlement au plan d'incidence. Alors aussi longtemps que l'incidence est inférieure à une valeur limite, ou si $i<\frac{b}{a}$, il y a deux ondes planes réfléchies d'intensité constante, une longitudinale et une transversale. Au contraire si sin $i>\frac{b}{a}$, i_{ra} cesse d'être réel. Il y a une onde réfléchie de distorsion, et de plus le phénomène se complique de la production d'ondes de surface, que l'on peut traiter aisément par l'analyse dans le cas où on suppose les oscillations sinusoïdales.

2° Si l'onde incidente a ses vibrations perpendiculaires au plan d'incidence, il ne peut y avoir que des ondes réfléchies à vibrations perpendiculaires au plan d'incidence.

Ainsi, en une station déterminée, non seulement nous recevons des ondes directes P et S, mais des ondes réfléchies une, deux ou plusieurs fois à la surface de la terre. Au point de réflexion ces impetus seront plus ou moins intenses et ainsi le dépouillement des séismogrammes *peut nous instruire sur les dissymétries que la terre pourra présenter dans les différentes directions.* C'est là un point important de la géographie souterraine.

J'ai déjà appelé l'attention sur le fait que ces impetus se présentent d'une manière spéciale dans le cas où l'épicentre est rapproché.

Lorsque le foyer d'un tremblement de terre est rapproché à une distance comprise entre 300 et 700 km., on distingue en effet sur les séismogrammes, après l'impetus des ondes P, une deuxième phase que l'on désigne habituellement sous le nom de $\bar{P}$ soulignées et que pour ma part je propose d'appeler ondes continues ou uniformes : cette phase apparaît seule lorsque l'épicentre est très rapproché, à une distance inférieure à 300 km.; à partir de 700 km., au contraire, les P sont seules inscrites; entre 300 et 700 km., on aperçoit les deux phases. La même distinction peut d'ailleurs être établie pour la deuxième phase préliminaire, celle des S, et il y a lieu d'y distinguer les S ordinaires et les $\bar{S}$ soulignées.

Il est difficile d'admettre qu'il puisse exister deux genres d'ondes de même nature, longitudinales par exemple, se propageant dans le même milieu avec des vitesses différentes à partir du foyer et telles que les ondes normales n'apparaissent qu'à partir d'une distance déterminée. Il fallait chercher une autre explication de l'existence et des propriétés de ces ondes différentes.

Elle a été fournie par A. Mohorovicic[1], à la suite de travaux sur des tremblements de terre particuliers à épicentre parfaitement connu et observés à courte distance dans de bonnes conditions.

Voici l'hypothèse émise par ce savant distingué :

Il existe à l'intérieur du globe, à une profondeur de 50 km. à partir de la surface de la terre, une surface de discontinuité où brusquement les propriétés varient d'une manière notable et non plus progressivement : ainsi la densité du milieu et par conséquent la vitesse de propagation des ondes élastiques subissent une modification brusque. Il y aurait donc à la surface de séparation de deux couches à propriétés distinctes une réfraction correspondant à un indice déterminé.

La variation de la vitesse de propagation des ondes élastiques obéit à la relation polytropique $vr^k = VK^k$ v vitesse de propagation à la distance r du centre de la terre, V vitesse au foyer à la distance R. K n'est pas une constante, c'est un coefficient qui change suivant la profondeur atteinte et qui ne conserve la même valeur que dans des couches d'épaisseur déterminée. Si le milieu était homogène, K=O, v=V, la vitesse serait uniforme, les rayons seraient rectilignes.

Dans la couche supérieure où les ondes se propagent dans un milieu unique et ont donc un trajet continu, la vitesse en un foyer de 25 km. est de 5 km. 6 et le coefficient K adopté est 3,049 d'après le résultat des observations.

C'est bien un nombre voisin de 5 km. 6 que fournirent les mesures sur la propagation des ondes lors des explosions importantes, celle d'Oppau, celle de La Courtine, ou des carrières d'Hagondange[2], comme on devait s'y attendre d'après les idées que je développe en ce moment, et comme l'ont montré les observations faites avec le concours des assistants de l'Institut, en particulier Mme Hée et M. Bois.

Les rayons qui partent du foyer sous un angle d'impulsion supérieur à 100°13' tombent sur la sphère de discontinuité de rayon 6.320 km., y pénètrent en se réfractant, ressortent et atteignent la surface de la terre. Il y a donc un trajet complexe et dans la couche supérieure et dans la couche inférieure; les ondes ont perdu leur

1. A. Mohorovicic, *Jahrbuch des meteorologischen Observatoriums in Zagreb für das Jahr 1909*, IX-IV Teil, Abschnitt I.

2. Observations séismologiques faites à l'occasion d'une forte explosion. Note de MM. E. Rothé, J. Lacoste et Ch. Bois, présentée par M. Bigourdan. *C. R. de l'Académie des Sciences*, séance du 29 juin 1925, t. CLXXX, p. 2053.

caractère d'uniformité. La théorie permet de calculer la durée du trajet. La valeur de K est alors de l'ordre de K=0,75, la vitesse V=7,7 km. Pour les stations comprises entre 300 et 700 km., le trajet complexe est parcouru en moins de temps que le trajet direct des ondes continues, et les P arrivent les premières; les $\overline{P}$ ne viennent qu'ensuite. Pour des distances plus grandes il n'y a plus d'ondes continues. Pour les distances inférieures il n'y a pas d'ondes normales.

On peut répéter pour les S ce qui a été dit des P et en outre il y a lieu d'envisager une série de phases successives provenant de réflexions sur la surface intérieure de séparation et sur la surface extérieure de la terre :

$$\overline{P}\ \overline{S}\ \overline{R_iP}\ \overline{R_iS}\ \overline{R_iPS}\ \overline{R_i^2P}\ \overline{R_i^2P_3S}\ \overline{R_i^2P_2S_2}\ \overline{R_i^2PS_3}\ \overline{R_i^2R}.$$

La théorie que je vous résume ici était fort peu connue il y a quelques années. Un certain nombre de séismologues en relation avec le bureau central de Strasbourg m'ont demandé de rédiger un exposé de cette question : je l'ai fait sous forme didactique et on pourra trouver dans le premier bulletin, série A (Travaux scientifiques) du Bureau Central International de Séismologie, le mémoire où tout en respectant de mon mieux les idées de l'auteur, je n'ai pas suivi l'ordre même du mémoire qui convenait surtout à l'exposé de recherches. J'ai donné aussi des applications parmi des phénomènes récents.

Comme suite à cet exposé, le Bureau Central a fait paraître des tables que M. Mohorovicic a bien voulu nous communiquer[1]. Elles permettent de trouver avec précision la distance épicentrale d'un séisme rapproché, d'obtenir aussi la profondeur du foyer. Elles contiennent en effet les durées de trajet pour des foyers à la surface et à 25, 45 et 57 km. On ne peut manquer d'être frappé de la coïncidence entre les résultats du calcul et ceux de l'observation. Sans doute cette théorie repose sur une hypothèse, sans doute cette profondeur d'une cinquantaine de kilomètres de la surface de discontinuité varie probablement avec les diverses régions de la terre, mais une telle coïncidence ne saurait être fortuite et nous sommes conduits à admettre *tout au moins dans le voisinage de cette distance de 50 km. une véritable discontinuité.*

L'usage des tables de Mohorovicic a donné une grande impulsion à l'étude des tremblements de terre rapprochés que l'on aborde aujourd'hui dans beaucoup de centres d'études et qui sont particulièrement suivis à Strasbourg par mon collaborateur M. J. Lacoste, maître de conférences à la Faculté des Sciences.

Tel est le résumé des propriétés des ondes de condensation et de distorsion, des préliminaires avec leurs réflexions multiples.

Avant d'aborder l'étude de la phase principale, il est bon de revenir sur les équations générales du mouvement et de remarquer qu'elles sont satisfaites par les égalités

$$u = Ae^{\Sigma}\ v = Be^{\Sigma}\ w = Ce^{\Sigma}$$

où Σ est égal à

$$-qz + i\,(fx + gy - pt)$$

et où $A\,B\,C\,q\,f\,g\,p$ sont des coefficients entre lesquels existent certaines relations que l'analyse permet de déterminer.

Cette manière d'envisager le problème est due aux travaux de Lamb et de Rayleigh. L'analyse mathématique dans les détails de laquelle je ne saurais entrer ici montre en résumé qu'on peut envisager, en plus des ondes de condensation et de distorsion, un nouveau type d'ondes se propageant à la surface de la terre avec une vitesse V=0,9194 *b*.

En 1882 Lamb, dans un mémoire sur les vibrations dans une sphère élastique[1], indiquait une solution particulière de l'équation générale en θ et ouvrait ainsi la voie à Lord Rayleigh. Celui-ci publia le 12 novembre 1885 un mémoire sur les ondes qui se propagent le long de la surface plane indéfinie dans un solide élastique[2]. Il envisage des ondes à front rectiligne. Rayleigh suggère dans son mémoire que des ondes de ce type peuvent prendre une place importante dans les tremblements de terre. Leur caractère fondamental est de ne pas pénétrer profondément à l'intérieur du corps, et par suite de ne diverger pratiquement que suivant deux dimensions. Par conséquent elles prennent une prépondérance de plus en plus marquée à grande distance du foyer d'ébranlement.

Cette idée ne fut pas accueillie avec une très grande faveur par les séismologues; on peut se l'expliquer d'abord par le fait qu'au moment où ce mémoire parut l'instrumentation n'était pas encore très développée, si bien qu'on connaissait fort mal les propriétés des grandes ondes au point de vue du mouvement même des particules. Oldham[3] dès 1900 appliqua d'une manière systématique l'interprétation de Rayleigh à la phase

1. Tables de A. Mohorovicic. Publications du Bureau Central Séismologique International, Série A, Travaux Scientifiques, fascicule n° 3.

1. *Math. Soc. Proc.*, May, 1886.

2. *Proceedings of the London Mathematical Soc.* (London 1887), vol. XVII, Nov. 1885 à Nov. 1886.

3. On the propagation of Earthquake motion to great distances. London, *Phil. Trans.*, *R. Soc.*, A, vol. XCCIV, (1900).

principale; il admet que le début de cette phase correspondait au moment où ces ondes superficielles, se propageant avec une vitesse constante non pas à l'intérieur comme les préliminaires, mais à la surface de la terre, arrivaient à la station considérée.

La théorie de Rayleigh rendait compte des composantes verticales importantes constatées dans certaines parties de la phase principale, mais non des vibrations à mouvements tangentiels, et c'est peut-être le motif le plus grave pour lequel l'application ne suivit pas immédiatement la théorie.

Mais la date de 1900 coïncide avec les constructions de Wiechert après son voyage en Italie où il étudia les instruments de grande masse; plus tard apparaissent les appareils Galitzine.

Et surtout l'on doit à Wiechert la création de cet important mouvement scientifique qui accompagna la série de ses publications : Ueber Erdbebenwellen, qui constitue un des monuments les plus importants de la séismologie [1].

Wiechert s'est demandé à quoi pouvaient être dues ces ondes superficielles qui apparaissent le plus souvent dans la phase principale et sous forme de longues ondes, mais dont la période peut être quelconque, car il en a observé de très courtes qui se superposent aux tracés préliminaires.

Je crois pour ma part que ces vibrations superficielles de courte période existent fréquemment pour ne pas dire toujours, mais qu'elles sont très facilement absorbées et n'apparaissent à des distances notables du foyer que pour des phénomènes très intenses.

Pour expliquer les ondes de diverses périodes, on pourrait se contenter *d'envisager la constitution de l'écorce sous forme d'une superposition de couches*. Si par exemple il existe une couche plus molle au-dessus d'un fond solide, on pourra admettre que la vibration est celle d'un milieu dont le fond reste fixe et où sera donc un nœud de mouvement, tandis que la surface présentera le maximum d'élongations. Suivant l'expression employée dans la théorie des ondes stationnaires, ce milieu vibrera en quart d'onde. Wiechert montre ainsi que des ondes de période 1s,5 se propageant à la vitesse de 240 m/s proviendraient d'une couche de 90 m. de profondeur. Des ondes lentes sont peut-être dues aux océans. Pour la vitesse dans les liquides de 1.400 m. environ et les fonds sous-marins de 7.000 m., on aurait une période de 20s. Mais il y a bien des tremblements de terre continentaux où l'océan ne joue qu'un rôle tout à fait secondaire et où apparaissent de longues périodes.

Si l'on admet l'existence d'un milieux visqueux sous l'écorce, il faut aussi admettre deux surfaces libres, et alors la vibration se ferait en demi-onde. Les périodes de 17 à 18s correspondraient ainsi à une épaisseur de 30 km.

Ce sont là des conceptions simples mais qui ne répondent pas à toutes les objections et qui ne peuvent expliquer la totalité des phénomènes.

Wiechert a présenté l'étude des ondes Rayleigh d'une manière particulièrement saisissante en supposant des vibrations sinusoïdales et en envisageant des ondes planes mais à amplitude variable. Il distingue aussi les ondes superficielles en ondes de condensation et en ondes de distorsion. Pour les premières, les déplacements sont représentés par les équations

$$u = \frac{\lambda_a}{\wedge} e^{-2\pi\frac{Z_a}{z}}\left[S\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right) - C\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right)\right]$$

$$w = \frac{\lambda_a}{z_a} e^{-2\pi\frac{z}{Z_a}}\left[S\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right) + C\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right)\right]$$

où Z ne peut prendre que des valeurs positives et où Z_a doit être réel.

Pour les ondes de distorsion, les oscillations peuvent s'effectuer de deux manières : si elles s'effectuent dans des plans parallèles à la direction de propagation

$$u = \frac{\lambda b}{zb} e^{-2\pi\frac{z}{Zb}}\left[S\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right) - C\sin 2\pi\left(\frac{T}{t}-\frac{\wedge}{x}\right)\right]$$

$$w = \frac{\lambda b}{\wedge} e^{-2\pi\frac{z}{Zb}}\left[S\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right) + C\cos 2\pi\left(\frac{T}{t}-\frac{\wedge}{x}\right)\right]$$

Si les oscillations sont parallèles à la surface

$$v = e^{-2\pi\frac{z}{Zb}}\left[S\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right) + C\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\wedge}\right)\right]$$

La théorie montre que ces ondes superficielles planes, mais où l'intensité n'est pas uniforme sur toute l'étendue de l'onde comme l'exprime le facteur exponentiel, jouent un rôle dans le phénomène de réflexion des ondes de distorsion ordinaires.

De plus, il est aujourd'hui reconnu que dans la phase principale les grandes ondes fournissent au moins d'une manière approximative des exemples d'ondes superficielles Rayleigh.

Isolément, aucune des ondes ci-dessus ne peut exister seule, car elle ne saurait seule satisfaire à la condition de surface, c'est-à-dire à la condition que sur la surface les tensions élastiques soient nulles. Or il est impossible qu'il en soit ainsi.

1. *Aus den Nachrichten des K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*. Mathematisch-physikalische Klasse. 1907 ss.

Mais il peut exister des combinaisons de ces ondes, et alors les ondes Rayleigh apparaissent comme des combinaisons d'ondes de surface de condensation et de cisaillement répondant aux formules précédentes et s'ajoutant de manière à réduire à zéro les tensions élastiques dans la surface.

L'analyse montre que la vitesse de ces ondes doit être un peu plus petite que celle des ondes transversales *b*. Elle prouve que les particules de la surface décrivent des ellipses dont les grands axes sont dans le rapport de 10/7, tel que la composante verticale est plus importante que l'horizontale.

C'est le caractère des ondes Rayleigh que j'ai déjà eu l'occasion de signaler de présenter d'importantes composantes verticales. On trouve ces ondes au milieu de la phase principale, on vérifie qu'elles jouissent bien de cette propriété, mais la phase introductrice à grande longueur d'onde ne leur correspond pas. Là il n'y a pour ainsi dire pas de composante verticale, les vibrations se font tangentiellement et perpendiculairement à la direction de propagation, nouveau fait qui a beaucoup préoccupé Wiechert. Pour lui le seul moyen d'interpréter l'existence de ces ondes de surface est d'admettre que ce sont des ondes de distorsion se propageant dans l'écorce solide qui repose sur le magma et qui par suite conserve un certain degré de liberté.

Il va même plus loin en disant que pour lui, ce genre particulier de vibrations est une preuve de l'existence du magma, parce qu'elles prouvent l'existence d'une écorce assimilable à une lame à faces parallèles.

Cette idée a été précisée par Love qui a approfondi le mécanisme de production de ces ondes : il a montré que la condition de leur réalité exige que la vitesse des ondes de distorsion dans le milieu inférieur soit plus grande que dans l'écorce.

Ainsi *non seulement l'existence des ondes à composantes transversales tangentielles implique la réalité du magma au-dessous de l'écorce, mais elle implique encore que la vitesse des ondes de distorsion y est plus grande que dans l'écorce.*

On a souvent donné à la phase introductrice le nom d'ondes de Love pour rappeler cette théorie.

Il y a encore un autre aspect de la phase principale sur lequel je voudrais retenir l'attention :

Dans bien des séismogrammes, on aperçoit de très belles séries de maximums sinusoïdaux, rappelant à s'y méprendre le phénomène de battements fournis par les phénomènes périodiques.

Les maximums de la phase principale ont été très peu étudiés jusqu'ici bien qu'ils aient toujours intrigué les séismologues, au point que les commissions internationales ont demandé de publier dans les bulletins, non seulement leur heure précise en tenant compte du décalage par rapport au mouvement de la terre, mais leur grandeur, dans l'espoir de les suivre de station en station.

Il est pour ainsi dire impossible de réaliser cette analyse progressive : pour des maximums de tremblements de terre à épicentre bien connu on trouve des vitesses tout à fait variables et quelconques.

On peut en conclure que si les maximums correspondaient à quelque phénomène bien défini, à une phase spéciale, dans tous les cas sa vitesse de propagation varierait de station en station.

Galitzine, dans le dernier mémoire qu'il a publié quelque temps avant sa mort[1], s'étonne que des maximums très intenses se produisent parfois dans des stations éloignées, alors qu'on ne les voit pas dans des stations plus rapprochées, et il attribue ce fait au sous-sol de la station considérée, qui d'après lui amènerait des *résonances*. Des stations à la même distance donnent parfois des résultats très différents. N'ayant jusqu'à présent trouvé dans aucun mémoire d'explication cohérente de ces parties maximales de l'inscription, j'ai procédé à une étude systématique de ces maximums dont on trouvera les résultats dans les comptes rendus du Congrès Pan-Pacifique de 1926, et dans le fascicule du Mémorial des Sciences Physiques et Mathématiques où j'ai développé les idées résumées ici[2], tous deux en cours de publication.

Ma conclusion est que les maximums sont dus à des phénomènes d'interférences provenant de trains d'ondes divers issus de foyers multiples, quant à ces foyers, on peut en expliquer l'existence par une hypothèse fondée sur la présence du magma et la théorie de l'isostasie : la surface intérieure de la lithosphère n'est pas régulière, elle présente des cavités et des proéminences. D'après les idées mêmes de Wiechert, les ondes superficielles prennent naissance dans la région épicentrale par un phénomène secondaire dérivant du choc principal; est-il alors invraisemblable d'admettre des foyers multiples d'ondes superficielles à la limite complexe de cette lithosphère ? J'ai aussi été conduit à penser que dans le faisceau complexe des ondes superficielles il y avait lieu de distinguer des ondes Rayleigh à composante verticale exagérée que j'ai appelées les ondes V, et à en donner une explication.

1. Prince B. Galitzine, Etude comparative du mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre (octobre 1914). Académie Impériale des Sciences, *Comptes rendus des séances de la Commission Sismique Permanente*, t. VII, livraison 1, Pétrograd, 1915.

2. Gauthier-Villars, Paris.

Wegener va beaucoup plus loin dans le domaine de l'hypothèse quand il suppose les continents formés surtout de roches acides (Silicium Aluminium) ou Sial, ne formant pas un tout rigide avec le substratum basique (Silicium Magnésium) ou Sima. Le Sial flotterait sur le Sima, et il y aurait une dérive des continents. Le fond des océans serait formé uniquement par le Sima.

S'il en est ainsi, les sondages sous-marins doivent ramener des débris de Sima, de roches basiques, comme dans les basaltes à péridot. Ce serait là la preuve la plus tangible. On en a cherché une autre dans une prétendue différence de vitesse de propagation entre les ondes provenant d'épicentres sous-marins et d'épicentres continentaux. Je ne crois pas, pour ma part, que cette différence puisse être considérée comme un fait acquis [1].

Pour terminer cet exposé, je voudrais encore revenir sur la constitution du noyau interne du globe.

On sait qu'autrefois on supposait le centre de la terre fluide. Cette hypothèse avait soulevé des difficultés importantes mises en évidence par Lord Kelvin (Lire le « Tremblement de Terre », p. 34).

Mais voici que par un curieux retour, on se tourne volontiers aujourd'hui vers l'hypothèse d'une fluidité relative du noyau. En s'appuyant sur des considérations relatives à la réflexion des ondes et en traitant les ondes élastiques comme les ondes optiques, MM. L. Geiger et B. Gutenberg ont trouvé qu'à une profondeur de 1.200 km. la vitesse de propagation des ondes P n'augmente plus si rapidement, et de même à 1.700 km. et à 2.450 km. il y a aussi une différence d'allure de la courbe qui représente la variation de la vitesse avec la profondeur. Gutenberg [2] a ensuite établi qu'à 2.900 km. il y a une brusque diminution de vitesse. Il y a donc lieu d'envisager un noyau où les vitesses sont différentes, et par conséquent où les ondes subissent des réfractions importantes ; de là la considération de nouvelles phases, suivant que le trajet à l'intérieur et à l'extérieur du noyau est formé d'ondes P ou S. Pour certaines d'entre elles, le noyau constitue une sorte de lentille sphérique avec un foyer où les ondes convergeraient. Mais il semble que les ondes transversales ne peuvent traverser ce noyau : tout au moins, on n'a pas pu jusqu'ici observer leur passage dans le noyau, *et par suite il semble qu'on ne saurait lui attribuer une rigidité véritable.*

Un savant japonais, M. Imamura, attribue au passage à travers ce noyau les ondes de très longue période qu'il a pu observer avec un séismographe spécialement construit [1].

En résumé, l'intérieur de la terre aurait une fluidité variable avec la profondeur, et présenterait diverses surfaces de discontinuité. On est donc conduit à l'envisager comme la superposition de plusieurs couches autour d'un noyau central semi-fluide.

A la partie supérieure se trouve le magma qui épouse la forme très irrégulière de l'écorce ; celle-ci serait constituée par un Sima et un Sial. A la distance de 50 km. environ existe la première discontinuité, qui explique les particularités les plus saillantes des séismes rapprochés. La constitution de l'écorce en couches superposées explique la diversité des ondes superficielles qui prennent naissance, soit sous l'influence du choc, dans la région épicentrale, soit par réflexion en différents points de l'écorce.

Telles sont les hypothèses que nous a suggérées l'étude des séismogrammes, et que les recherches de l'avenir nous permettront de préciser au fur et à mesure que grâce à la collaboration internationale nous pourrons tendre de plus en plus vers la vérité.

E. Rothé,

Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg. — Directeur de l'Institut de Physique du Globe. — Directeur du Bureau central séismologique français et du Bureau central sétsmologique international.

1. Voir cependant : A. Wegener, La Genèse des Continents et des Océans; — E. Tams, Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege, *Centralblatt f. Min. Geol. u. Paleont.*, 1921, p. 44-52 et 75-83. — G. Angenheister, Beobachtungen an pazifischen Beben. Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. z. Göttingen. Math.-Phys. Klasse 1921, p. 34.

2. Ueber Erdbebenwellen, loc. cit. — *Lehrbuch der Geophysik*, Lieferung 2.

1. Voir Communication faite à la Conférence de Prague de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, Section de Séismologie (septembre 1927).

LES MATHÉMATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE EN ITALIE

Elève des écoles secondaires italiennes de 1867 à 1873, ensuite professeur pendant de longues années dans les mêmes écoles, et toujours en contact avec ces écoles comme inspecteur ou commissaire royal, je puis avoir des idées personnelles sur l'enseignement des mathématiques dans ces écoles et faire d'utiles comparaisons avec le même enseignement en France, en Belgique et ailleurs. Je pense que les lecteurs de la *Revue scientifique* liront avec intérêt l'exposé des faits et des idées de quelqu'un qui a enseigné dans plusieurs pays de l'Occident et de l'Orient.

I

LES FAITS

Tandis qu'en France, et même ailleurs, l'enseignement des mathématiques élémentaires, tout en acceptant les petites modifications qui sont imposées pour les besoins de la vie moderne, reste identique dans ses grandes lignes, en Italie les choses se passent bien autrement. Dans les autres pays, un ministre de l'instruction se garderait bien d'apporter des modifications radicales dans l'enseignement d'une matière dans laquelle — à la vérité — on ne peut faire des découvertes, dans un enseignement qui est immuable comme l'âme, l'esprit de l'enfant. En France, l'action d'un ministre est assujettie à trop de contrôles pour qu'il puisse tout changer et bouleverser toute chose.

Voici des faits à l'appui de ce que j'affirme. Jusqu'à 1870, l'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires italiennes était presque identique à celui de la France et de la Belgique. Même les livres qu'on mettait entre les mains des écoliers n'étaient, pour la plupart, que des ouvrages français traduits en italien. Legendre, Bezoul, Lacroix et d'autres savants français avaient établi cet enseignement sur des bases solides en y imprimant le cachet de l'esprit français, clair, limpide, ami de la simplicité et de la brièveté. Personne n'osera dire que des mathématiciens de cette envergure n'avaient pas l'esprit mathématique et n'apportaient pas la rigueur nécessaire, ni l'esprit philosophique dans leurs théories et dans leurs démonstrations.

Malheureusement, vers 1871, des mathématiciens italiens de valeur et de renom, en subissant l'influence de cet esprit dialectique et excessivement métaphysique qui était le propre de leur race, s'avisèrent qu'il fallait remonter à la source, à la vérité grecque, et se servir des mathématiques pour fortifier et redoubler dans la mentalité italienne la tendance aux subtilités — j'allais dire — aux byzantinismes de l'esprit grec. On prétendit que la science doit être enseignée en passant à travers toutes les tentatives et les complications qui en marquent nécessairement les premiers pas. Pour moi, c'est une question de bon sens. Si pour exposer une science, pour mettre les élèves à même de s'en servir dans les applications de la vie, il fallait remonter aux recherches rudimentaires de l'homme primitif, on chargerait l'esprit des enfants d'une foule de connaissances d'érudition, qui seraient tout à fait déplacées, et en outre, on fausserait l'esprit scientifique des élèves en les lançant dans des questions analogues à celles des scolastiques du Moyen Age, qui discutaient du nombre d'anges pouvant trouver place sur la pointe d'une aiguille et de la... grande question : *An Deus actu existat in spatiis imaginariis !*

Quand un garçon de 12 à 16 ans doit étudier dans l'introduction à un traité de géométrie *élémentaire*, pas moins de 30 ou 40 pages, dans lesquelles on s'évertue à donner les idées pourtant si simples, si intuitives, des entités géométriques telles que, un corps solide, une surface, une ligne (droite ou courbe), un point ; quand ce malheureux élève, après avoir lu toutes ces pages, n'a dans son esprit que des doutes, des incertitudes et même la conviction que certaines figures géométriques sont indéfinissables, quoiqu'on s'en forme très aisément l'idée, cet élève est presque démoralisé. Son esprit n'a plus l'élasticité nécessaire pour les conceptions géométriques, et surtout, il ne peut se passionner pour une science où l'on marche à travers des difficultés et des inexactitudes. L'élève a faim et soif de la vérité et on le remplit de doutes !

Soyons un peu vraiment philosophes. Tout le monde s'accorde à admettre que le langage favorise beaucoup la pensée, le développement des idées, la connaissance de ce qui est vrai, bon et beau. Mais aussi, le simple bon sens nous fait comprendre que le langage, la parole, les mots, ne sont pas essentiels à la connaissance de la vérité. Les muets, qui ne sauraient pas lire, seraient-ils dépourvus de toute connaissance ? Seraient-ils donc condamnés à passer à travers ce monde — avec leur âme intelligente — comme

des brutes? Et encore, les brutes ont des connaissances à leur façon. Donc, du moment que les concepts de corps, de surface, de ligne, etc., sont intuitifs, de sorte que tout le monde est d'accord sur leur nature, sur leurs propriétés, quel besoin y a-t-il de s'évertuer à chercher des mots et des phrases pour les définir? La chose vaut infiniment plus que sa définition. Dans le monde des esprits on s'entend sans parler, et la Divinité — d'après Platon — s'occupe de mathématiques sans le secours d'un langage et des... traités de géométrie que l'on met entre les mains des écoliers italiens.

Mais j'ai anticipé. Restons sur le terrain des faits. Donc, vers 1871, dans les écoles susdites on obligea les élèves à étudier des résumés des premiers livres d'Euclide, voire même de simples traductions de ces livres, où l'on emploie des pages pour démontrer ce que Legendre démontre en quelques lignes. Citons un exemple. On apprenait aux élèves que, pour mener une perpendiculaire à une ligne droite par un point pris hors d'elle, il n'était pas correct de dire : « Commen« çons par prendre le point donné comme centre « et coupons avec un arc de cercle la droite « donnée en deux points... ». D'après les puristes il fallait dire : « Prenons un point qui, par rap« port au point donné, se trouve de l'autre côté « de la droite. Joignons ces deux points avec un « segment. Ensuite en prenant le point donné « comme centre et le segment tracé comme rayon, « traçons un arc de cercle. Avec cette précau« tion nous serons assurés que l'arc coupera la « droite en deux points ».

On aurait envie de dire que M. de La Palisse a fait école. A-t-on donc oublié le vieux proverbe : *A bon esprit, petit mot*? Est-ce là le moyen de développer l'intelligence des enfants? A mon humble avis, avec ces complications on leur apprend à chicaner.

Voilà pour la géométrie. Heureusement que Euclide n'a pas composé un traité d'algèbre, autrement les puristes auraient puisé à cette source.

II

La réaction

En Italie, comme ailleurs, les ministres de l'instruction sont ordinairement choisis parmi les philosophes, les hommes de lettres ou les avocats. Il est rare que l'on confie la direction de l'enseignement à un savant, à un homme habitué à la précision. Peut-être, dans la politique, la précision serait un trouble-fête. Il arrive donc que, par mesure de prudence, un ministre s'en rapporte à quelque mathématicien en renom pour établir les programmes de l'enseignement. Malheureusement ces hommes de la science pure se passionnent pour leurs spéculations et prétendent les introduire — autant que possible — dans les écoles. On dirait que ce sanctuaire est devenu pour eux comme le théâtre des *experimenta in corpore vili*. Ils veulent essayer leurs nouvelles méthodes et leurs inutiles complications de logique mathématique, en obligeant les élèves à les suivre dans leurs disquisitions. Ils oublient que la plupart de ces élèves ne seront pas des mathématiciens — et ce ne sont pas ces méthodes d'enseignement qui les passionneront pour cette matière. Les élèves des écoles secondaires, presque tous, deviendront des avocats, des médecins, des hommes de lettres et même des ingénieurs ou des techniciens. Or, dans ces carrières, l'initiation aux subtilités de l'analyse mathématique et de la géométrie supérieure est déplacée et encombrante. Pour eux, les mathématiques doivent servir aux applications qu'on en fait dans la vie ordinaire. On doit savoir mesurer la surface d'un champ, d'un jardin, d'un pavé, des murs d'une chambre, par exemple, pour voir combien de rouleaux de tapisserie sont nécessaires pour en couvrir ces murs, et combien de carreaux de Marseille on doit acheter pour en couvrir un pavé.

Dans l'enseignement secondaire, les mathématiques ne sont pas un but à atteindre, mais un moyen que l'on met à la disposition des élèves. Dans ces écoles il doit être défendu de faire de la science pour la science. Cette satisfaction peut être permise aux grands professeurs qui jouissent de 40 mille francs d'appointements par an. Les autres doivent gagner leur vie en rendant service à l'humanité dans ses innombrables nécessités.

On se trompe en mettant entre les mains des écoliers des ouvrages qui paraissent destinés à les préparer à l'étude des volumes et des mémoires de Poncelet, Chasles, Cremona, Veronese, etc. Le très petit nombre d'élèves qui s'adonneront dans la suite à l'étude approfondie des hautes mathématiques, trouveront ailleurs la préparation à ces études, si toutefois une préparation spéciale était nécessaire. Les grands mathématiciens devraient garder pour eux les résultats de leurs spéculations profondes ou bien les développer dans leurs cours universitaires, dans leurs leçons à l'Ecole normale supérieure; mais les écoliers des écoles secondaires n'en ont aucunement besoin.

Devant l'invasion de tant de nouveautés, l'opinion publique s'en émut. Les mathématiques étaient devenues le pont aux ânes pour les élèves, qui échouaient dans les examens, au grand désespoir de leurs parents. Des protestations furent faites dans tous les organes de l'opinion publi-

que, jusqu'au Parlement. Devant cette marée montante, un ministre eut le courage de jeter pardessus bord l'échafaudage dont on avait encombré l'enseignement des mathématiques; mais il alla trop loin en substituant à la géométrie du raisonnement une géométrie qu'il appela *intuitive*. Les auteurs d'ouvrages scolastiques — toujours prêts à multiplier leurs publications — firent paraître des traités où l'on enseignait la géométrie par la simple intuition des choses, par l'inspection des figures et par la superposition de triangles, de polygones, etc... en carton! J'appelais cette nouveauté la *géométrie des menuisiers*.

On possédait la *géométrie du mouvement*, eh bien! on inventa la géométrie de la *superposition* des figures dont on voulait démontrer l'égalité. Cette nouveauté fut accueillie avec enthousiasme. Les parents des élèves, surtout leurs mères, en étaient dans la joie ,voyant rendu facile l'examen pour la *licenza ginnasiale* ou *liceale* (équivalant au baccalauréat complet). Malheureusement cette joie ne fut qu'éphémère. La géométrie intuitive, inventée en 1882 devait mourir en 1884! Les savants de profession opérèrent une contre-réaction, et un autre ministre jeta à l'eau la géométrie si chère aux mamans. A cette occasion, on aurait pu tout simplement revenir aux traités de Legendre, Lacroix, Blanchet, Dufailly, etc... On n'en fit rien et l'on s'obstina à faire étudier le vieux Euclide avec toutes ses chinoiseries, oubliant qu'il s'agissait de donner de l'élasticité à l'esprit des élèves et de les préparer à la vie réelle.

Toutefois les nombreux échecs des candidats au baccalauréat prouvaient bien que la plupart des élèves étaient réfractaires aux complications, et les protestations du public recommencèrent. Ce fut alors (1903) qu'un ministre eut l'idée singulière de laisser aux candidats le choix entre le *grec* et les *mathématiques*. C'était le système de l'*option*, un espèce de dilemme d'Hamlet. Les candidats ayant une mentalité classique s'en tenaient au *grec* et ils passaient le baccalauréat sans savoir un mot de géométrie. Les autres, possédant des dispositions pour les sciences positives, n'étaient plus obligés d'écorcher ces vilains verbes grecs et ils passaient le baccalauréat sans grec.

Malheureusement, si les élèves et leurs parents étaient contents de ce système radical, le bon sens finit par prévaloir et l'on comprit que, si, à la rigueur, on pouvait se passer du grec — qu'on a bientôt oublié quand on est lancé dans la vie moderne — on ne pouvait se passer des mathématiques dont l'étude, dans une mesure différente, s'impose à tous. Un autre ministre inventa le baccalauréat *classique* et le baccalauréat *scientifique*. Il y eut alors deux espèces de lycée pour préparer à ces deux diplômes. Dans le lycée classique, c'était du latin et du grec à n'en jamais finir. Pour les mathématiques, on leur faisait l'aumône de deux heures par semaine. Dans les lycées scientifiques au contraire, on n'enseignait pas le grec, on donnait beaucoup d'importance à l'étude des sciences et des langues modernes. Ces lycées faisaient presque double emploi avec les *Instituts techniques*, équivalents aux *Cours spéciaux*.

Par cet exposé des faits, je pense avoir démontré qu'en Italie, un ministre peut tout changer, tout bouleverser à l'occasion.

III

L'ETAT ACTUEL

Aujourd'hui en Italie il existe, outre le lycée classique, le lycée scientifique, l'institut technique et même le lycée de *perfectionnement pour demoiselles*. Il va sans dire qu'il y a les écoles normales pour la formation des maîtres d'écoles ou, si l'on veut, des instituteurs. Mais, suivant l'idée dominante du nouveau régime, c'est-à-dire le retour au passé, au glorieux passé de Rome ancienne, l'étude du latin, dans une mesure différente, est obligatoire pour tous. Même dans le lycée de perfectionnement pour les demoiselles, à côté des langues modernes, de l'esthétique, de l'histoire de l'art, de la danse, de la musique et du chant, on doit étudier le latin et, à l'occasion, la philosophie. L'enseignement du français a perdu de son importance; on pousse les élèves vers l'anglais. Dans les *gymnases*, on ne donne que deux heures par semaine à l'enseignement des mathématiques. Or, tout le monde comprend que dans une classe nombreuse (30 ou 40 élèves) ce petit nombre d'heures n'est pas suffisant. Les élèves oublient dans la leçon d'aujourd'hui ce qu'on leur a expliqué il y a trois jours dans la leçon précédente... d'heureuse mémoire.

Quant aux ouvrages que l'on met entre les mains des élèves, pour ce qui est des mathématiques, les idées des puristes et des théoriciens ont prévalu.

Pour justifier les complications et les subtilités de l'enseignement lourd et presque sans applications pratiques, on s'excuse en invoquant l'esprit métaphysique qui — d'après les puristes — doit former le fond de l'âme italienne. Or, que l'Italie ait produit de grands philosophes, que l'ancienne Rome ait été la maîtresse du droit, c'est un fait incontestable; mais que les Egyptiens, les Grecs et les Arabes aient marqué dans

la science beaucoup plus que les profonds philosophes et les jurisconsultes des premiers siècles et même du Moyen Age, est aussi un fait bien démontré. Si l'on veut former en Italie une génération nouvelle préparée à la vie moderne, ouverte à tous les progrès des sciences, capable d'en réaliser de nouveaux, il faut renoncer aux élucubrations des philosophes qui, eux, n'ont pas inventé l'aéronautique et la télégraphie sans fil.

Ouvrons l'un des traités d'arithmétique que l'on met entre les mains des élèves. Il faut dire que, pour des motifs de spéculation libraire, on ne donne pas un traité complet, mais on amorcelle l'arithmétique en deux ou trois petits volumes. Il y a un fascicule pour les écoles élémentaires, un autre pour les premières classes (ou cours) secondaires, un troisième pour les suivants. Quelquefois ce n'est pas le même auteur qui a composé ces fascicules, aussi les élèves sont-ils obligés de changer de méthodes, de terminologie, etc.

Chaque année on voit paraître un nouveau traité, ou même de nouveaux fascicules de la même matière. Cela arrive pour l'arithmétique, pour l'algèbre (ou bien pour ces deux matières fondues ensemble), enfin pour la géométrie. Quant à la trigonométrie, les nouveaux traités se succèdent avec de plus longs intervalles.

Les Chinois d'autrefois, fiers de leur longue tresse de cheveux et de leur couvre-chef en forme de couvercle de pot, s'étonnaient des changements continuels dans la forme de nos habits. Ils disaient : depuis tant de siècles, les européens n'ont pas encore réussi à trouver une forme convenable pour leurs habits ! Eh bien ! je voudrais en dire autant au sujet des livres pour l'enseignement secondaire. Dans les mathématiques élémentaires il n'y a rien à découvrir. On pourrait donc s'en tenir à un modèle définitif de livre pour l'arithmétique, etc. Au contraire, on voit paraître continuellement de nouveaux ouvrages qui n'ajoutent rien à la science, mais qui, à titre de compensation, ajoutent une foule de définitions inutiles, une terminologie compliquée dont les grands mathématiciens du passé ne sentaient pas le besoin. Que faire ? Il faut bien donner aux nouvelles publications une apparence de nouveauté pour en justifier l'apparition. On bourre la tête des enfants d'un tas d'idées ou pour mieux dire, de mots se rapportant à des distinctions byzantines. Tout cela prend la place des connaissances scientifiques et surtout de leurs applications à la vie. L'école n'est plus donc la préparation à la vie ?

En algèbre, c'est la *logique mathématique* avec son jargon et, à l'occasion, avec ses notations... chinoises, qui tient le haut du pavé. Les écoliers doivent savoir qu'il y a une propriété *associative*, une propriété *commutative*, une propriété *distributive*... Ajoutez, si vous voulez ! A quoi bon tout cet échafaudage ? Pour satisfaire son goût d'inventer de nouveaux termes, on irait jusqu'à donner un nom spécial à chacune des formes que peut prendre la queue du chien !

On répondra : il faut que l'élève se rende compte de ce qu'il fait et sache distinguer les différentes opérations de l'esprit ». Mais c'est là un sophisme, car autre chose est de se rendre compte de ce que l'on fait, autre chose *donner un nom à chaque opération de l'esprit*. Cela pourra se faire en philosophie ; mais dans l'enseignement des mathématiques élémentaires cette analyse des opérations de l'esprit est déplacée.

Même sans posséder cette terminologie, les élèves des écoles de tous les autres pays, et même les élèves italiens d'il y a 60 ans, savaient bien ce qu'ils faisaient quand ils ajoutaient ensemble plusieurs segments de droite ; mais ils ne sentaient pas le besoin de donner un nom à cette propriété de s'ajouter ensemble.

Il est très édifiant de lire dans un traité d'algèbre très répandu dans les écoles italiennes, la définition d'un *nombre irrationnel* et surtout les *sept* pages où l'on s'efforce d'en montrer la génèse. On étale devant les yeux égarés et effrayés des pauvres enfants, des séries de termes formées d'une façon ou d'une autre, on subtilise, on délaie... et par là... la Patrie est sauvée !

On voit bien que les auteurs de ces ouvrages ont du temps de reste et ils s'en paient ! Mais les élèves et leurs parents, aussi bien que l'opinion publique, ne sont pas du même avis. On en vient aux équations. Là, comme en arithmétique, en géométrie, etc., ce n'est pas la méthode *objective* — pourtant si utile au point de vue didactique — que l'on suit. Quand on commence par mettre sous les yeux d'un élève, quelques cas particuliers, quelques exemples numériques, ses idées se fixent, il commence à comprendre ce qu'on veut lui démontrer. Mais non ! on prétend faire de la haute science. On dédaigne les nombres, on veut traiter la chose en général, on veut planer... dans les régions supérieures, comme doit le faire tout philosophe qui se respecte. Si les élèves ne comprennent rien... tant pis ! Au lieu de parler du cas d'une équation avec deux inconnues, et ensuite, de deux équations avec trois inconnues, on commence toujours par ce qu'il y a de plus difficile. On parle donc de m équations avec $n+n$ inconnues, et l'on dit qu'alors les valeurs des inconnues ne sont pas déterminées. Or, si devant des exemples les élèvent auraient aussitôt saisi de quoi il s'agit,

devant des m et des n, ils ne comprennent plus rien. Il en est de même lorsqu'on parle de $m+n$ équations avec m inconnues.

En général, dans tout l'enseignement des mathématiques, en Italie, on donne très peu d'exercices, de problèmes à résoudre, surtout dans les cours classiques. Là, on fait du latin tous les jours et aux mathématiques on fait l'aumône de *deux* heures par semaine. C'est comme une goutte d'eau tombant sur une pierre à des intervalles de plusieurs heures. Si vous proposez un problème, même très facile, d'algèbre ou de géométrie, les élèves classiques vous répondront : On ne nous en donne jamais dans les cours ! Que peut-on espérer d'un enseignement pareil ? De la théorie, encore de la théorie, toujours de la théorie et presque jamais des applications !

Mais le champ le plus favorable aux philosophes des mathématiques c'est la géométrie, même élémentaire. Le bon Legendre est désuet. Il ne savait pas raisonner mathématiquement ! et cependant, depuis la théorie des nombres jusqu'à l'astronomie et à la géodésie, il a laissé partout des traces ineffaçables !

Ouvrez l'un des traités de géométrie élémentaire adoptés dans les écoles de la péninsule. Ne vous attendez pas à y trouver l'*entrée en matière* dès le commencement. Cela était suffisant pour les grands géomètres des siècles derniers ; mais il ne suffit pas aux pygmées du XX^e^ siècle ! N'ayant pas la puissance du génie, ne pouvant rien créer dans la science, ils créent... des mots. C'est un échafaudage effroyable de définitions, de distinctions, de remarques critiques, et — ajoutons-le — de doutes. On commence par *partager l'infini*, en vous parlant de *demi-droites*, de *demi-plans*, de *nappes*, que sais-je, moi. Avant d'arriver à la définition de l'angle — dont tout le monde a l'intuition — il faut des pages et des pages. Ce sont des *rayons* projetés d'un point, des mouvements autour d'un point fixe, des angles qui ne sont pas des angles, formés par deux droites coïncidantes. Non, je me trompe ! elles forment un *angle plat* égal à deux angles droits, ou bien un angle égal à quatre angles droits ! Et toujours sur le même ton. On dirait que les auteurs de ces livres, au lieu de faciliter l'étude des *éléments* de la géométrie, ont la mission de la rendre rébarbative et de décourager les élèves, en commençant toujours par des cas exceptionnels. Or, que dans l'enseignement universitaire on aime les généralisations, qu'on y suive la méthode *déductive*, cela est admissible ; mais que pour initier les enfants aux principes de la géométrie, on ne s'en tienne pas à la méthode *inductive*, en remontant toujours des cas particuliers au cas général, c'est presque absurde. Comment ne s'effraierait-il pas un pauvre écolier qui doit digérer 40 pages d'*introduction*, avant de pouvoir apprendre les théorèmes les plus élémentaires ?

Il faut en dire autant de la longueur des démonstrations, chargées et surchargées de renvois à tel ou tel numéro précédent. Savez-vous combien de pages il faut pour démontrer que le volume d'une pyramide s'obtient en multipliant le nombre qui mesure le tiers de sa hauteur par le nombre qui exprime la surface de sa base ? Il faut trois pages *grand in-8°*, en petits caractères, touffues et remplies de notes et de formules algébriques très compliquées ! Je pense que devant une complication pareille le vieux Euler ne pourrait s'empêcher de rire ! Il se moquerait de tant de richesse... d'esprit !

Encore, si l'élève, après s'être assimilé ces trois pages, était sûr de la démonstration ! Non ; on soulève le doute qu'en prenant pour base une autre face de la pyramide triangulaire, on obtienne pour son volume une valeur différente de la première ! Et alors ? Devant cet incident d'avocat, l'élève doit se dire : De deux choses l'une ; ou bien la démonstration est exacte, et alors, en l'appliquant à n'importe quelle face prise comme base, j'obtiendrai toujours le volume de la pyramide qui — je suppose — ne change pas. Ou bien la démonstration n'est pas exacte, et alors... bien merci aux trois pages que j'ai dû avaler ! [1].

IV

COMPLÉMENTS

Disons un mot de ce qui a lieu dans l'enseignement de la trigonométrie. Les traités publiés depuis une vingtaine d'années se font remarquer par l'introduction d'une terminologie inutile et encombrante. On bourre les élèves d'une foule de termes, imposés par la virtuosité géométrique mo-

1. D'ailleurs, il ne faut pas croire que les définitions que l'on donne des figures géométriques dans l'*Introduction*, soient à l'abri de toute critique. Il arrive que

incidit in Scyllam qui vult evitare Carybdim,

c'est-à-dire que, pour éviter un défaut on tombe dans un autre plus grave, Je n'apporterai qu'un exemple que je rencontre dans le meilleur traité de géométrie élémentaire qui — paraît-il — a été traduit en plusieurs langues, même en japonais ! Donc, on dit qu'*une courbe s'appelle fermée lorsqu'un point en le parcourant* **toujours dans la même direction,** *revient à sa position primitive.*

Evidemment l'auteur a oublié... *l'orientation*, les quatre points *cardinaux* auxquels toute *direction* doit être rapportée. Le point qui parcourt une courbe *ne revenant jamais sur ses pas*, marche successivement *dans toutes les directions possibles !* C'est précisément le contraire de ce qu'écrit l'auteur en renom.

derne. On y parle des *correspondances* entre les figures géométriques en insistant sur la correspondance *bi-univoque* (quel beau mot, n'est-ce pas ?). On y rencontre des angles *absolus* et des angles *relatifs*, ou bien des angles *contraires* ou *consécutifs*. Autrefois on se bornait aux angles *complémentaires* ou *supplémentaires*, mais cela ne ne suffit pas aux fabricants de mots ; on a donc inventé les angles *explémentaires*. Ce n'est pas assez, on a découvert aussi les angles *congruents* et d'autres encore. On serait tenté d'inventer aussi les angles *incongrus*, à moins qu'on veuille réserver cet appellatif pour le traité tout entier. Au lieu de montrer l'utilité de la trigonométrie et d'en multiplier les exercices, les applications, on invente de nouveaux termes.

Un dernier mot sur les traités élémentaires. J'ai dit que là il n'y a rien à inventer. Toutefois, quand on en vient aux nombres, aux valeurs effectives de quelques grandeurs, par exemple, lorsqu'il s'agit de définir des unités de mesure, ou bien lorsqu'on donne les valeurs numériques de quelques grandeurs naturelles, je pense qu'au lieu de se borner à réimprimer textuellement des ouvrages publiés pour la première fois il y a 40 ou 50 ans, on devrait les mettre au point des recherches scientifiques postérieures.

Il existe encore quelque traité de géographie mathématique ou de cosmographie, qui donne comme distance du Soleil à la Terre la valeur qui provient de la parallaxe donnée par Encke il y a cent ans, valeur qui était fortement en erreur. Il faut en dire autant de la température du Soleil, que l'on mesure par... des millions de degrés, lorsqu'aujourd'hui il est bien établi que cette température, légèrement variable, oscille autour de 6.000°. Il en est de même des volumes et des masses des planètes ou de leurs satellites, qu'on introduit dans quelques exercices numériques. Là, pas de complications. L'élève apprendra également des mesures exactes que des mesures défectueuses.

Que dire de la définition du *mètre* dans l'exposé du système métrique décimal ? Depuis 60 ans on a démontré que la longueur adoptée pour le méridien de Paris par les géodésiens français du XVIII^e^ siècle était trop courte de plus de 9 km.

Il s'ensuit que la longueur adoptée, et maintenue, pour le mètre est plus courte de plus d'un cinquième de millimètre relativement à la 40 millionième partie du méridien terrestre, en admettant que l'ellipsoïde de révolution aplati est la figure géométrique qui se rapproche davantage du *géoïde*. Et toutefois, presque toutes les arithmétiques ne cessent de répéter la définition inexacte du mètre. Il serait aussi simple, même plus simple, de s'en rapporter à la longueur de l'étalon en platine iridié déposé à Breteuil. Voici la définition du mètre que je lis dans un traité italien d'arithmétique qui en est à sa 44^e^ édition :

« En divisant la *circonférence* d'un méridien « terrestre en 40 millions de parties égales, l'une « d'entre elles est la longueur qu'on a adoptée « pour la base du système métrique. Le mètre « est donc la 40 millionième partie de la *circon-* « *férence* du méridien terrestre. »

Que d'erreurs scientifiques et même de grammaire en quelques lignes ! On aurait envie de demander : *l'une d'entre elles ?...* Est-ce donc la première, la deuxième, la dernière ? N'était-il pas plus correct de dire *l'une quelconque*, ou bien *chacune de ces parties ?*

Encore, que parle-t-on de *circonférence* du méridien, lorsqu'on apprend aux élèves que les méridiens sont des ellipses ?

J'ai eu l'occasion de lire un exercice donné dernièrement par un professeur. On donnait la latitude boréale d'un point terrestre, 39°10', et la latitude australe d'un autre lieu égale à 43°50'. On demandait la distance en kilomètres entre les deux lieux.

Or, aujourd'hui nous savons que, à la rigueur, la figure qui représente le mieux le géoïde est un ellipsoïde à trois axes[1]. Mais laissons cela de côté. Puisque les élèves ne possédaient pas la table de géodésie qui donne la longueur de 1° aux différentes latitudes, pour avoir la distance des deux lieux, ils auraient dû supposer tous les degrés égaux entre eux et comme longueur du degré le quotient de 40.000 km. (qui ne sont pas la mesure exacte de l'éllipse méridienne) divisés par 360.

Un peu plus de précision ne gâterait rien, je pense. Pourquoi ne pas mettre d'accord l'enseignement de l'arithmétique avec celui de la géographie ?

En résumé, on peut formuler le vœu que dans l'enseignement mathématique en Italie, on introduise cet esprit pratique et de décision qui forme le caractère distinctif du nouveau régime, qui a produit la grandeur de la nouvelle Italie[2].

Jean Boccardi.

1. Le plus long dépasse de 550 mètres le moyen.

2. En effet, à la suite des remarques de l'auteur de cet article et d'autres savants, le ministre Belluzzo a pris la décision de rendre beaucoup plus pratique l'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires. Ce qui prouve qu'on gagne beaucoup à dire toujours la vérité.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1929. — *1 vol. de 1013 pages. Gauthier Villars, éditeur, Paris. Prix broché : 12 fr.*

L'Annuaire, dont la publication rentre dans les attributions du Bureau des Longitudes, a paru pour la première fois en 1796. Il a, depuis lors, continué à paraître sans interruption.

Depuis plusieurs années, tous les annuaires comportent quatre chapitres relatifs : le premier au Calendrier, le deuxième à la Terre, le troisième à l'Astronomie et le quatrième aux Mesures légales et aux Monnaies. De plus, les volumes des années impaires renferment des données géographiques, statistiques démographiques, tables de survie, d'annuités, d'intérêt et d'amortissement, ceux des années paires, les données physiques.

En ce qui concerne le présent volume, on a fait un certain nombre de suppressions dans les articles insérés aux annuaires précédents. Chaque suppression est indiquée par un renvoi au volume qui contient le renseignement supprimé.

Dans le deuxième chapitre, l'article sur le Magnétisme terrestre contient les valeurs de la déclinaison magnétique en France et en Syrie. Dans le troisième chapitre on a ajouté le résumé de la physique solaire, ainsi que dans le quatrième un article sur les Monnaies. Dans le cinquième chapitre, les statistiques géographiques et démographiques, ont été mises à jour par les soins du Service géographique de l'Armée. De profondes modifications ont été apportées aux indications fournies par l'annuaire précédent, en ce qui concerne notamment les colonies, protectorats, et territoires sous mandat et quelques pays étrangers. Certaines données de géographiephysique ont été précisées (Italie, Japon, Maroc).

Les notices, cette année, ont pour objet la rotation de la terre, par M. H. Andoyer, des Considérations relatives à la détermination du diamètre solaire, par M. M. Hamy, et enfin la deuxième partie d'une étude sur le Bureau des Longitudes par M. Bigourdan.

Il est inutile de faire remarquer que l'abondance et la sûreté de la documentation de ce petit volume l'a depuis bien longtemps recommandé à l'attention de tous.

L. Potin.

*
**

Cartan (E.). — **Leçons sur la Géométrie des espaces de Riemann**. Cahiers scientifiques, collection Julia. Fasc. II. — *1 vol. in-8° de 273 p., Gauthier-Villars, à Paris,* 1928.

Coordonnées cartésiennes, vecteurs, multivecteurs et tenseurs servent en quelque sorte d'introduction aux coordonnées curvilignes de la géométrie euclidienne et à des applications telles que les équations de Lagrange. L'auteur rapproche le théorème fondamental de la mécanique analytique : *les propriétés essentielles d'un système sont virtuellement contenues dans l'expression analytique de sa force vive*, du théorème fondamental de la géométrie métrique: *dans l'espace ordinaire à trois dimensions, seul un système quelconque de coordonnées cartésiennes rectangulaires donne à l'élément linéaire la forme* $ds^2 = du^2 + dv^2 + dw^2$; est ensuite traité ce problème : quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un ds^2 donné soit celui de l'espace euclidien.

De là nous passons aux espaces ou variétés de Riemann localement euclidiens, ainsi définis : dans chaque partie d'une telle variété, le ds^2 satisfait aux conditions que remplit l'élément linéaire de l'espace euclidien. Si la métrique de la variété de Riemann est partout régulière, on pourra développer de proche en proche toute la variété sur l'espace euclidien. A remarquer les espaces de Riemann normaux et à métrique euclidienne : leur développement sur l'espace euclidien recouvre tout cet espace une fois et une fois seulement. A remarquer aussi que dans toute région suffisamment petite d'un espace de Riemann localement euclidien, tous les théorèmes de la géométrie élémentaire sont valables et qu'il est impossible, si l'on ne sort pas de cette région, de constater qu'on n'est pas sur l'espace euclidien. Certains axiomes de la géométrie élémentaire, qui font appel aux propriétés de l'espace pris dans son entier, restent donc vrais, tel celui-ci : *par un point quelconque de l'espace, il passe une droite*, tandis que d'autres, par exemple : *par deux points il ne passe qu'une droite*, ne sont vrais que dans l'espace euclidien.

Citons seulement quelques-uns des principaux chapitres suivants : surfaces géodésiques, géométrie des espaces sphérique, elliptique, hyperbolique, courbure riemannienne et trois notes finales sur l'axiome du plan et les géométries caylayennes, la courbure riemannienne linéaire, les espaces normaux à courbure riemannienne négative ou nulle.

Qu'on nous permette une réflexion pour terminer : l'étude d'ouvrages de ce genre nous place invinciblement dans un état d'esprit tel que nous regardons les géométries non euclidiennes voisines (très voisines) de la géométrie euclidienne comme tout aussi plausibles, en fait, que cette dernière. Cet état d'esprit est à rapprocher de celui des contemporains de Lobatchewsky et de Bolyai.

R. de Montessus de Ballore.

*
**

Tables annuelles de Constantes et Données numériques. Vol. VI. Années 1923-1924. — 2 *vol. reliés in-4° de* 1675 *p. Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris* 1927 *et* 1928.

Rédigée par un Comité international dont le secrétaire général est M. Marie, cette importante publication continue son cours. Le Comité avait pensé que le volume VI qui correspond aux années 1923-1924 pourrait être moins considérable que le volume V qui contenait la documentation de dix années. Il n'en a rien été, et cela nous montre le développement général des recherches d'ordre quantitatif. Cette abondance de documentation fait que la publication du présent volume n'a pu être assurée dans des délais aussi réduits qu'il avait été envisagé.

D'autre part, les ressources du Comité sont limitées et on a dû reculer encore le moment où il sera possible de reprendre la publication sous sa forme annuelle, de telle sorte que le volume VI qui comporte les années 1923 et 1924 sera suivi du volume VII comportant les années 1925 et 1926.

On pense en 1928 assurer avec le volume VIII, la publication annuelle comme par le passé.

Le volume VI présente peu de modifications par rapport au volume V, mais dans la deuxième partie, on trouvera un chapitre sur la télégraphie sans fil dans le chapitre Physique du globe, une documentation très developpée. Dans le chapitre Art de l'ingénieur et de la métallurgie on a introduit la traduction en anglais de tous les textes nécessaires pour la compréhension des tableaux; cette tentative sera généralisée dans le volume VII.

Avec la publication du volume VI, une partie du retard dû aux événements de 1914-1918 a été regagnée; le Comité prépare, en outre, une table des matières des volumes I à V, qui d'ailleurs a été commencée dans le courant 1926. Le travail est assez avancé pour prévoir que le nombre des corps cités sera voisin de 25.000. L'impression de cette table pourra sans doute être commencée en 1928, et elle rendra d'incontestables services à tous ceux qui utilisent la documentation si considérable contenue dans les tables annuelles dont la richesse est si connue et si appréciée.

M. Michel.

2° Sciences physiques.

Lavoro Amaduzzi. — Per la Scienza e per tre su i insigni cultori. — 1 *vol. in-8° de* 230 *p. avec* 6 *pl. hors texte. Ianichelli, éditeur, Bologne,* 1928

C'est un enthousiaste et légitime amour de la science qui a dicté à M. Lavoro Amaduzzi les pages éloquentes qu'il a consacrées à quelques-uns de ses plus nobles représentants : Grimaldi, Volta, Melloni.

On sait que le premier découvrit les phénomènes de diffraction, devançant de 200 années les recherches sur l'optique ondulatoire qui devaient illustrer le XIXe siècle. Le second, dont on a fêté l'an dernier le centenaire, a donné une trop vive impulsion à la science électrique pour qu'il soit besoin de rappeler ici ses titres de gloire. Quant à Melloni, il fut l'un des premiers à étudier les ondes infra-rouges, tout à fait analogues aux ondes lumineuses sauf qu'elles ne peuvent être décelées par l'œil, et ses recherches dans ce domaine ont ouvert une voie singulièrement féconde. Son œuvre mériterait d'être approfondie et plus d'un physicien moderne pourrait glaner dans ses mémoires quelques intéressants sujets de recherches. C'est ce que facilitera l'index bibliographique qui termine l'ouvrage.

A. Boutaric.

*
**

Bottlinger, Ladenburg, Laue (von), Schulz : Wellenoptik und Polarisation : Warburg : Photochemie, *vol.* XVIII *du* Handbuch der Experimentalphysik. — 1 *vol. gr. in-8° de* 674 *p., édité à l'Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig,* 1928 (*Prix, broché :* 61,90 *marks ; relié :* 63,50 *marks*).

Le « Handbuch des Experimentalphysik » s'accroît aujourd'hui d'un important volume consacré, pour la plus grande part, à l'optique physique classique. Seul le dernier chapitre se range à part, puisqu'il traite de la photochimie. Comme précédemment, la rédaction a été confiée à plusieurs spécialistes différents. Il en résulte un certain manque d'homogénéité et des inégalités de composition; par contre la tâche de chaque collaborateur se trouve mieux délimitée et plus aisément réalisable.

L'ouvrage débute par un chapitre dû à R. Ladenburg, qui traite de la mesure de la vitesse de la lumière dans les corps au repos. Ce chapitre résume très clairement, quoique brièvement, les mesures anciennes, et donne des détails suffisants sur les belles expériences récentes de Michelson qui ont porté la précision jusqu'à une limite inconnue jusqu'alors.

Les chapitres suivants (p. 39 à 364), beaucoup plus étendus, sont l'œuvre de M. von Laue. Il était difficile de trouver une plume plus autorisée pour traiter les parties fondamentales de l'optique ondulatoire : optique des corps en mouvement, réflexion et réfraction, interférences et diffraction. Aussi cette partie du livre mérite-t-elle une attention particulière et sera-t-elle accueillie avec un intérêt bien compréhensible. Bien entendu l'auteur l'a traitée avec son tempérament particulier, qui est plutôt celui d'un théoricien que d'un expérimentateur. Il y a apporté une clarté satisfaisante et un certain souci d'équilibre entre les développements théoriques et les vérifications expérimentales. On peut signaler, entre autres, une étude complète du phénomène magnéto-optique de Kerr, un exposé bien réussi des phénomènes de diffraction éloignée, des considérations précieuses sur la cohérence de la lumière et la nature de la lumière blanche, etc. Sur certains points cependant le côté expérimental est quelque peu

sacrifié : c'est ainsi qu'aucune indication n'est donnée sur les montages pratiques des réseaux de diffrction et leurs propriétés de stigmatisme, sur la localisation des franges d'interférence, sur des appareils interférentiels aussi connus que l'interféromètre Fabry et Pérot. Indiquons qu'au milieu de l'exposé de von Laue est intercalé un court chapitre de Bottlinger sur les vérifications expérimentales de la relativité généralisée : déplacement des raies spectrales vers le rouge et déviation de la lumière par le soleil.

La polarisation de la lumière et l'optique cristalline sont longuement traitées par Hans Schulz (p. 365 à 618). L'exposé de cette partie de l'optique est, dans l'ensemble, très satisfaisant : les méthodes de production et d'analyse des lumières rectiligne, circulaire et elliptique sont nettement présentées, et il en est de même des propriétés optiques des cristaux. Il est à craindre cependant que, dans notre pays où ces questions ont, de tout temps, fait l'objet de recherches approfondies, la rédaction ne paraisse pas, sur tous les points, à l'abri de la critique. C'est ainsi que l'auteur cite, sans en tirer réellement parti, l'artifice de la sphère de Poincaré; il laisse dans l'ombre bien des résultats de détail sur l'emploi des analyseurs en lumière visible ou ultraviolette, qui auraient pourtant dû trouver leur place dans un grand traité d'optique expérimentale. Son chapitre sur les cristaux liquides est particulièrement incomplet : les travaux de Mauguin n'y sont pas cités, et les importants exposés de Friedel à peine signalés; la distinction des liquides smectiques et nématiques fait entièrement défaut.

La dernière partie du volume, consacrée à la photochimie, a été rédigée par E. Warburg. Elle est courte (p. 619 à 656) et claire mais assez incomplète à certains égards : tout un groupe de travaux photochimiques (Jean Perrin, Victor Henri) n'y a pas trouvé place.

Dans l'ensemble le livre, — surtout dans ses premières parties (Ladenburg, Von Laue), — est très intéressant et même de grande valeur. Il rendra sans aucun doute d'importants services. Mais le lecteur doit être averti que, sur certains points, il fera bien de compléter sa documentation et ses études avant de se croire entièrement renseigné.

Du point de vue matériel, la présentation est, comme dans les volumes précédents de la même encyclopédie, — pour ainsi dire impeccable : papier, impression, figures, planches photogravées, rivalisent de perfection et confinent au luxe. Aussi le prix fort élevé de l'ouvrage ne peut-il pas être regardé comme excessif. Regrettons une fois de plus qu'il nous faille désormais aller chercher chez les éditeurs scientifiques étrangers des modèles de goût et d'élégance que nos livres n'imitent plus que de très loin.

Eugène Bloch.

*
**

Fortrat (R.). — **Introduction à l'étude de la Physique théorique.** VII^e^ fascicule. **Les Principes d'action et de relativité.** — 1 *vol. in-8° de* 76 *p. Hermann, éditeur, Paris,* 1927. *Prix :* 10 *francs.*

M. Fortrat termine son « Introduction à l'étude de la physique théorique » par un fascicule consacré aux « Principes d'action et de relativité ». Dans la première partie du livre, l'auteur étudie le principe de l'action stationnaire, qui n'est autre chose que l'extension, au domaine de la dynamique, du principe des travaux virtuels, et à celui du principe de la moindre action. Il développe les conséquences les plus importantes de ces deux principes en mécanique et en physique et il étudie en détail, dans un chapitre spécial, la quantité élémentaire d'action qui, depuis les travaux de Planck, est entrée dans le domaine de la physique où elle joue un rôle de plus en plus important.

La deuxième partie de l'ouvrage est consacrée au principe de relativité dont l'auteur donne tout d'abord une excellente définition : « Les lois auxquelles obéissent les phénomènes naturels dépendent, en général, des conditions dans lesquelles on les observe. Le principe de la relativité recherche comment les observations dépendent du mouvement ».

L'auteur développe, avec une clarté qu'on trouve rarement dans les exposés de ces délicates questions, d'abord la relativité restreinte, puis la relativité généralisée, dont il précise nettement les limites et la portée : « Mais il est prudent de ne pas demander à cette théorie, conclut M. Fortrat, de remonter aux causes profondes des phénomènes. En bornant son rôle à leur traduction dans le langage mathématique qui s'adapte à elle, on réunit toutes les lois physiques dans une synthèse d'une précision et d'une généralité remarquables. Par là, elle peut être considérée comme un admirable instrument de découverte, mais il ne faut pas se dissimuler qu'elle ne peut donner des choses qu'une connaissance incomplète : elle ouvre seulement la voie et ses calculs doivent être suivis d'une interprétation intelligible de leurs résultats. »

A. B.

3° Sciences naturelles.

Behning (Arvid), *Directeur de la Station biologique de la Volga, Professeur de Zoologie à l'Ecole supérieure d'Agriculture de Saratov.* — **Das Leben der Wolga zugleich eine Einführung in die Fluss-Biologie.** — 1 *vol. de* VI + 162 *p.*, 75 *fig. et* 2 *pl. Collection* A. Thienemann. *Die Binnengewässer, Bd. V. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, éditeur, Stuttgart,* 1928 (*Prix, broché :* 17 *m.* 50 ; *relié :* 19 *m.*).

Rares sont les ouvrages généraux consacrés à l'étude biologique des fleuves; à part les travaux d'ensemble de Shelford (1913) puis de Ward et Whipple (1918) sur des cours d'eau plus ou moins importants des Etats-Unis, de Lauterborn (1916-18) sur le Rhin, on ne trouve sur ce sujet que des études très fragmentaires, dispersées dans une quantité de périodiques.

M. Behning a rassemblé les très nombreuses ob-

servations qu'il a faites dans la Volga, avec le personnel de sa Station de Saratov, au cours de ces dernières années; ces documents, judicieusement coordonnées, constituent une bonne monographie, biologique du plus grand fleuve d'Europe.

Après avoir examiné les caractéristiques hydrographiques du cours d'eau (situation géographique, nature des terrains traversés, débit, température, transparence, coloration, composition chimique de l'eau), l'auteur passe en revue les associations animales et végétales que l'on rencontre à la surface, au sein et au fond de l'eau; il essaie de résoudre une foule de problèmes concernant le mode de vie des animaux, leurs adaptations, l'origine de la faune et de la flore, etc.

Certains organismes de l'Europe septentrionale pénètrent dans la région caspienne en suivant le cours de la Volga (exemples : le Rotifère *Notholca longispina*, les Crustacés *Limnosida frontosa*, *Bosmina coregoni*, *Bythotrephes Cederströmi*, *Canthocamptus Nordenskiöldi*, l'Hémiptère *Aphelochirus aestivalis*, etc.), tandis que des espèces méridionales se sont enfoncées plus ou moins vers le nord en remontant le fleuve (ex. : *Spongilla Carteri*, des régions tropicales et subtropicales, le Rotifère *Brachionus forficula*, les Copépodes *Heterocope caspia*, *Laophonte Mohammed*, *Nannopus palustris*, de nombreux Amphipodes : *Corophium curvispinum*, *Dikerogammarus haemobaphes*, *Gammarus Sarsi*, *macrurus*, *abbreviatus*, *platycheir*, *obesus*, etc., des Mysiides — rencontrées seulement dans la partie inférieure du fleuve —, les Mollusques *Dreissensia polymorpha* et *Neritina liturata*, plusieurs Poissons, etc. Ces formes se sont déplacées soit par leurs propres moyens, soit par l'intermédiaire des Oiseaux migrateurs, dont une des grandes voies de passage en Europe orientale est constituée précisément par la vallée du fleuve, soit par l'intermédiaire des bateaux et radeaux qui transitent (l'auteur donne de très intéressants renseignements sur la faune et la flore des coques de navires et des bois flottés).

Les Poissons sont représentés dans la Volga par de très nombreuses formes d'eau douce; le Sterlet (*Acipenser ruthenus*) y abonde : 32 millions d'individus sont pêchés annuellement; le Salmonide sibérien *Hucho taimen* qui, au moment des crues printanières, est passé du bassin de l'Obi dans celui de la Volga, où il descend jusqu'à Simbirsk. Plusieurs Poissons de la Caspienne remontent plus ou moins le fleuve pour y pondre; ce sont la Lamproie *Caspiomyzon Wagneri*, les Esturgeons *Huso huso*, *Acipenser Güldenstädti*, *A. stellatus* et, plus rarement, *A. nudiventris*, plusieurs Harengs du genre *Caspialosa*, un *Harengula* (*H. delicatula*), les Salmonides *Salmo trutta labrax*, habitant du bassin ponto-aralo-caspien, et *Stenodus leucichthys*, d'origine septentrionale, enfin les fameux « Woblas » (*Rutilus rutilus caspicus*) qui pullulent (600 millions à 1 milliard d'individus capturés chaque année et constituent, avec les *Caspialosa*, la base de la nourriture du peuple russe. Outre ces Poissons marins temporairement dulçaquicoles, on trouve aussi dans la Volga des formes qui ont certainement une origine marine et qui passent actuellement toute leur vie en eau douce, dans la région inférieure du fleuve; ex. : *Harengula tscharchalensis*, *Pygosteus platygaster* et probablement *Syngnathus nigrolineatus caspius*. L'auteur, sans doute limité par les dimensions de son ouvrage, glisse rapidement sur le passage des formes marines en eau douce; il est à souhaiter qu'il examine longuement cet intéressant problème dans les travaux dont il annonce la proche publication.

P. Remy.

4° Art de l'Ingénieur.

Nessi (A.) et **Nisolle** (Léon), *Ingénieurs des Arts et Manufactures*. — **Méthodes graphiques pour l'étude des Installations de Chauffage et de Réfrigération en régime discontinu.** — 1 *vol. gr. in-8° de 168 p., avec 19 planches hors texte. Dunod, éditeur, Paris*, 1928.

Le présent ouvrage fait suite au volume intitulé *Régimes variables de fonctionnement des installations de chauffage central* » qui traite du même sujet, et dans lequel au chapitre VI les auteurs avaient commencé l'étude rigoureuse du chauffage à intensité variable d'un système soumis à un refroidissement également variable. Ce dernier se trouve ainsi complété sur de nombreux points tant théoriques que pratiques. Ici, en effet, on a cherché à tenir compte dans une grande mesure de la complexité d'application de la méthode de calcul que les auteurs avaient proposée par l'introduction systématique, esquissée seulement dans leur précédent ouvrage, de la *fonction d'influence* dans le problème du chauffage. Les auteurs appellent fonction d'influence relative à une source ou action extérieure donnée, la fonction qui donne la température en un point quelconque lorsque cette source ou action extérieure a une valeur invariable dans le temps égale à l'unité, les autres sources de température extérieures étant nulles ainsi que l'état initial. Par l'introduction systématique de cette fonction non seulement on peut atteindre une grande précision, mais aussi éviter toutes les difficultés mathématiques d'application au personnel des bureaux d'étude.

Evidemment les calculs analytiques compliqués ne sont pas supprimés, mais ils ont été faits par les auteurs une fois pour toutes, et les résultats traduits sous forme d'abaques. En partant du calcul de déperdition en régime et des résultats des abaques, on établit en quelques minutes la formule qui donne la température de l'air ; une épure permet ensuite de résoudre cette formule pour obtenir la courbe de la température de l'air en fonction du chauffage, et inversement. Ces deux problèmes sont les problèmes fondamentaux à résoudre et la méthode permet encore de trouver la température d'un point quelconque des murs.

La première partie de ce volume entièrement théo-

rique, est divisée en quatre chapitres ; au premier chapitre est exposée la méthode de la fonction d'influence et le problème est ramené à la recherche de quelques fonctions d'influence pour les corps simples et la résolution d'une équation intégrale de Volterra. Le chapitre II qui renferme la partie purement analytique de la méthode a trait à l'établissement des fonctions d'influence pour divers corps simples et à la construction des abaques correspondants. Le chapitre III est consacré à l'exposé de divers procédés tant graphiques que numériques qui permettent de résoudre, en partant des abaques, l'équation de Volterra. Le chapitre IV donne un résumé des valeurs numériques adoptées pour les différents coefficients thermiques d'après les travaux les plus récents.

La deuxième partie composée de deux chapitres, traite un certain nombre d'applications pratiques de la méthode proposée, dans le but de familiariser le lecteur avec les procédés de calcul. Au chapitre V la méthode générale est appliquée dans le cas d'un bâtiment et montre sur un exemple concret : le tracé *à priori* des courbes de relèvement et d'abaissement des températures d'un local, le calcul d'un chauffage pour obtenir une courbe donnée de température, et enfin une méthode permettant de calculer l'intensité de chauffage de grands édifices à occupation temporaire et espacée où le régime permanent continu ne s'établit guère. Au chapitre VI est étudié le chauffage d'un bâtiment en supposant connues les courbes de relèvement et de refroidissement. La possibilité d'utiliser les résultats d'expériences exécutées sur un ensemble complexe tel un bâtiment, est un des gros avantages de la méthode de l'influence. Les auteurs étudient ainsi l'application de cette méthode à la détermination de la durée d'établissement d'un régime et à la durée de pénétration d'une vague de froid, à l'étude du chauffage intermittent, de la surpuissance et à la conduite d'un chauffage discontinu.

Il est certain que les résultats de calculs conduits comme il a été indiqué ne pourront s'appliquer immédiatement et sans correction aux cas pratiques. Mais il est également certain que la solution théorique est intéressante car elle permet de découvrir par comparaison avec la pratique la grandeur des effets négligés ou des influences cachées.

Une des grandes difficultés de l'application des méthodes logiques aux questions de chauffage provient de la complexité des problèmes mathématiques posés ; en simplifiant les moyens qui permettent de trouver la solution, les auteurs ont fait une œuvre utile et préparé la voie à de nouveaux progrès.

L. Potin.

5° Sciences diverses.

Baudin (Louis), *Professeur à la Faculté de Droit de Dijon.* — **L'Empire socialiste des Inka.** — *Paris,* 1928, IX-294 *pages, 4 cartes.* Travaux et Mémoires de l'Institut d'Ethnologie de l'Université de Paris. Tome V. 1 *vol. cartonné toile :* 50 *fr.* (*France et Colonies*) ; 70 *fr.* (*Etranger*).

M. Baudin vient d'enrichir la collection des Travaux de l'Institut d'Ethnologie de Paris d'un important mémoire de Sociologie sur les Inka. Le plan de cet ouvrage dénote les conceptions originales de l'auteur sur l'organisation du curieux Etat fondé sur les Hauts Plateaux du Pérou il y a quelques cinq siècles. Commentaire critique détaillé des récits des vieux chroniqueurs espagnols, le livre de M. Baudin, après une esquisse sommaire du milieu physique et humain, s'attache à un exposé détaillé des questions sociales dans un Etat dérivé d'une communauté agraire : il en trace les traits essentiels sous le titre humoristique « Une ménagerie d'hommes heureux : l'effacement de l'individu, l'hérésie du bonheur ». Evidemment cette psychose bien socialiste, malgré ce que paraît en penser l'auteur, s'opposait fondamentalement à l'état d'esprit des conquistadores, ces « barbares » qui ont exercé leur hégémonie sur un « peuple d'enfants vieillis ».

Une bibliographie étendue, des index et des cartes complètent cette curieuse étude sociologique qui nous peint un grand peuple sous un jour tel que ses institutions marqueraient une harmonieuse association de faits de civilisation archaïque et de concepts donnant à songer parfois à l'Egypte pharaonique et ailleurs au fascisme ou aux soviets.

L. Joleaud.

*
**

Van Biervliet (J.-J.), *Professeur à l'Université de Gand, Membre de l'Académie Royale de Belgique.* — **La Psychologie d'aujourd'hui.** — 1 *vol. in*-16 *de* 153 *pages.* (*Prix :* 15 *fr.*). *Librairie Félix Alcan, Paris.*

Très intéressant petit volume où l'auteur a voulu exposer : d'une part, les principaux problèmes que doit résoudre une psychologie vraiment scientifique : perceptions sensorielles, imagination actuelle et résiduelle, attention et ses diverses formes, élaboration des images-souvenirs, sortes d'intelligence, — et ces propriétés essentielles offrent d'innombrables modalités qui font qu'il n'y a pas une psychologie, mais des psychologies ; — d'autre part, les diverses méthodes qu'emploie la psychologie moderne : introspection, enquêtes, tests, observation scientifique, expérimentation, méthodes qui doivent se compléter et se contrôler pour permettre d'établir solidement les faits qui serviront de bases solides aux applications et ensuite aux interprétations.

L. B.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 Décembre 1928.

Élection. — M. **Serge Bernstein** est élu correspondant pour la section de géométrie.

1° Sciences mathématiques. — M. **Maurice Hamy** : *Conséquence d'une propriété de la diffraction par une ouverture circulaire.* — M. **Riquier** : *Sur un problème relatif à l'équation aux dérivées partielles* $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)^n u = f(x, y)$. — M. **Paul Delens** : *Sur le calcul des opérations sphériques.* — M. **Marcel Vasseur** : *Déformation d'une surface avec un réseau conjugué conique.* — M. **Pierre Rivet** : *Sur le contact de courbes gauches et de surfaces.* — M. **Mandelbrojt** : *Une généralisation d'un théorème de M. Adamard.* — M. **Florin Vasilesco** : *Sur la nature des points irréguliers et réguliers et leur distribution sur la frontière d'un domaine.* — M. **Belzecki** : *Quelques cas d'équilibre d'élasticité d'un prisme rectangle.* — M. **D. Pompeiu** : *Sur une formule généralisant l'intégrale de Cauchy et sur son interprétation en Hydrodynamique.* — M. **Henri Bénard** : *Les tourbillons alternés et la loi de similitude dynamique.* — M. **G. P. Arcay** : *De l'influence des trépidations sur la marche des chronomètres.* — M. **Josef Mikulas Mohr** : *Sur la loi de fréquences des vitesses d'étoiles et la relation entre la grandeur absolue et la vitesse absolue pour les étoiles du type G.* — M. **R. Jarry-Desloges** : *Sur la durée de rotation de la planète Vénus.*

2° Sciences physiques. — MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Marius Badoche** : *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'antimoine, du bismuth et leurs dérivés et de quelques dérivés du vanadium.* — M. **Jean-Baptiste Senderens** : *Déshydratation catalytique des alcools par des bisulfates alcalins.* — M. **E. Pierret** : *Sur des oscillateurs à ondes très courtes.* — M. **G. Grenet** : *Balance d'induction de Hughes pour la détermination de la susceptibilité des roches.* — M. **Paul Soleillet** : *Théorie de la polarisation de la lumière émise par fluorescence.* — Mlle **Jacqueline Zadok-Kahn** : *Indices de réfraction d'une substance mésomorphe à l'état solide.* — M. **R. Coustal** : *Sur la luminescence permanente de certains sels d'uranium cristallisés.* — M. **Pierre Auger** : *Sur les directions d'émission des photoélectrons.* — MM. **A. Boutaric** et M. **Doladilhe** : *Sur l'électrosmose des mélanges d'électrolytes.* — MM. **Pierre Jolibois** et **Pierre Montagne** : *Sur une méthode rapide de calcul de dissociations homogènes. — Application au gaz carbonique.* — MM. **Lécorché** et **Jovinet** : *Etude du mécanisme de la stabilisation des poudres à la nitroglycérine par la diéthyldiphénylurée.* — M. **Albert Portevin** : *Sur l'action des gaz sulfureux à températures élevées sur les verres et roches basiques et une origine probable des eaux thermales sulfatées.* — M. **Camille Nachet** : *Nouveau dispositif pour l'enregistrement simultané de trois images sélectionnées pour la production d'images en couleurs.*

Séance du 17 Décembre 1928.

Séance publique annuelle. — Allocution de M. Maurice Hamy. Prix et subventions attribués en 1928 : rapports et tableau. Lecture de M. Alfred Lacroix.

Séance du 26 Décembre 1928.

1° Sciences mathématiques. — M. **Paul Appell** : *Sur certains invariants.* — M. **O. Boruvka** : *Sur une classe de surfaces minima plongées dans un espace à cinq dimensions à courbure constante.* — M. **Z. Horak** : *Sur la courbure des variétés non holonomes.* — M. **L. Pirot** : *Sur quelques déterminations de la déviation de la verticale au moyen de l'astrolabe à prisme.*

2° Sciences physiques. — MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Pierre Laplagne** : *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques du silicium, du bore et de leurs dérivés.* — M. **J. Errera** : *Les associations moléculaires. Relations entre la viscosité des mélanges liquides binaires et la polarité des molécules des constituants.* — MM. **A. Turpain** et **de Bony de Lavergne** : *Champ magnétique et mouvement brownien.* — MM. **Maurice Curie** et **Adolphe Lepape** : *Sur la cohésion dilectrique des gaz rares.* — M. **L. Goldstein** : *Sur quelques difficultés dans l'émission spontanée de radiation.* — M. **J. Cayrel** : *Effet du champ magnétique sur la résistance électrique d'un contact.* — M. **G.-A. Beauvais** : *Sur les ondes très courtes.* — M. **Henri Belliot** : *Développement après fixage des plaques photographiques inversées ou solarisées.* — MM. **E. Carrière** et **P. Castel** : *Etude expérimentale de la transformation des chromates en bichromates.* — MM. **J. Orcel** et **S. Pavlovitch** : *Sur les caractères microscopiques des oxydes de manganèse et des manganites naturels.*

Séance du 2 Janvier 1929.

Installation de M. **Louis Mangin**, président, et de M. **Lecornu**, vice-président, pour 1929.

1° Sciences mathématiques. — M. **Paul Delens** : *Sur le calcul des opérations sphériques.* — M. **Marcel Vasseur** : *Surfaces déformables avec un réseau conique conjugué persistant.* — M. **Nicolas Cioranesco** : *Le problème de Dirichlet pour les systèmes d'équations aux dérivées partielles du second ordre.* — M. **J. Delsarte** : *Sur les systèmes coordonnés obliques dans l'espace fonctionnel.* — M. **T. Bonnesen** : *Approximations linéaires.* M. **Georges Calugaréano** : *Sur la détermination des valeurs exceptionnelles des fonctions entières et méromorphes d'ordre fini.* — M. **N. Podtiaguine** : *Sur les fonctions régulières d'ordre supérieur à deux.* — MM. **S.-B. Nicholson** et **Nicolas G. Perrakis** : *Sur la présence de la raie d'absorption D_3 dans le spectre solaire.* —

M. **R. Swyngedauw** : *Sur la variation de la vitesse et de la tension d'une courroie de la poulie.* — M. **Thadée Banachiewicz**. — *Sur l'ellipticité de l'équateur terrestre.* — M. **J. Kampé de Feriet** : *Sur une condition nécessaire pour l'absence de pressions négatives dans un fluide parfait plan en mouvement permanent autour d'un obstacle.* — M. **Henri Villat** : *A propos du signe des pressions dans un fluide parfait.*

2° Sciences physiques. — M. **H. Deslandres** : *Relations simples entre les radiations les plus intenses et les plus hautes des éléments chimiques dans l'atmosphère brillante du soleil.* — M. **R. Darbord** : *Manomètre à mercure et à huile.* — M. **Jean Thibaud** : *Actions magnétiques longitudinales sur des faisceaux d'électrons lents (concentrations et dilatations périodiques).* Cette note est relative à un curieux phénomène qui se produit lorsqu'un faisceau cathodique lent (électrons excités sous 100 volts) passe dans l'axe d'une longue bobine parcourue par un courant. Lorsque le champ magnétique de la bobine croît, il se produit une succession de concentrations et de dilatations du faisceau cathodique. Ce phénomène peut être utilisé pour produire des faisceaux d'électrons extrêmement fins et intenses (télévision). — M. **R. Audubert** et Mlle **M. Quintin** : *Sur le mécanisme de la conductibilité dissymétrique des contacts imparfaits.* — M. **Marcel Cau** : *Biréfringence et dichroïsme de couches minces de fer obtenues par distillation.* — M. **Ch. Bouhet** : *Polarisation elliptique produite par réflexion à la surface des solutions d'acides gras dans l'eau.* — M. **Pierre Daure** : *Sur les radiations secondaires observées dans la diffusion moléculaires de la lumière (Effet Raman).* — M. **J. Gilles** : *Sur la structure du spectre du troisième ordre du soufre (S III).* — Mme **Irène Curie** : *Sur la mesure du dépôt actif du radium par le rayonnement γ pénétrant.*

Séance du 7 Janvier 1929.

Elections. — M. **A. Stodola** est élu correspondant pour la section de Mécanique ; M. **William Bowie**, pour la section de Géographie.

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Fichot** : *Sur l'extension de la méthode des ingénieurs géographes aux termes du quatrième ordre.* — M. **Paul Delens** : *Opérations sphériques et congruence paratactique.* — M. **Ch. Bioche** : *Sur les surfaces réglées ayant pour asymptotiques des cubiques gauches.* — M. **V. Smirnoff** : *Sur les valeurs limitées des fonctions analytiques.* — M. **Soula** : *Comparaison de divers théorèmes sur les séries de Taylor.* — MM. **O.D.Kellogg** et **Florin Vasilesco** : *Contribution à l'étude de la capacité et de la série de Wiener.* — M. **A. Demoulin** : *Sur une classe de congruences.* — M. **Jules Drach** : *Sur la transformation des équations aux dérivées partielles du second ordre par l'usage explicite des variables caractéristiques d'Ampère.* — M. **Arnaud Denjoy** : *Sur une classe de fonctions analytiques.* — M. **Alexandre Kovanko** : *Sur l'approximation des fonctions périodiques généralisées.*

2° Sciences physiques. — **M. Th. De Donder** : *Le champ photonique et la généralisation relativiste de la mécanique ondulatoire de Dirac.* — M. **Ernest Esclangon** : *Les expériences de réflexion optique et la dissymétrie de l'espace.* — MM. **A.-F. Joffé** et **A.-N. Arseniéva** : *Expériences sur la polarisation des ondes électroniques.* — M. **J. Frenkel** : *Sur l'impossibilité de polariser les ondes cathodiques par réflexion.* — M. **Henri Gutton** : *Sur les propriétés des gaz ionisés dans les champs de haute fréquence.* Dans une première note, et en raisonnant dans la théorie de Lorentz et non plus dans celle de Maxwell, M. Gutton avait relaté des expériences mettant en évidence une période propre d'oscillations des ions. Il a cherché depuis, comment variait la force élastique avec la conductibilité du gaz et a obtenu des résultats très nets. Cette étude est susceptible d'apporter une contribution très intéressante à la recherche de la théorie de la propagation des ondes dans la haute atmosphère. M. Gutton conclut en effet que la couche, dont l'ionisation, correspond à la résonance sur la fréquence des ondes considérées provoque une réflexion analogue à la réflexion métallique. Cette couche doit être d'autant plus ionisée, et par suite d'autant plus élevée que la longueur d'onde est plus courte. Le faisceau réfléchi est dépolarisé et la réflexion peut se faire sous toute incidence mais avec des intensités qui dépendent de cette incidence et de l'orientation du plan de polarisation. — M. **Jean Thibaud** : *Sur l'effet de concentration et de dilatation périodique produit par un champ magnétique longitudinal sur un faisceau d'électrons lents.* — MM. **Léon** et **Eugène Bloch** : *Intercombinaisons et termes nouveaux dans le spectre d'étincelle du soufre* S II. La découverte des multiplets d'intercombinaison de S II fixe à + 317,20 la correction à apporter aux termes d'Ingram pour les ramener au même zéro que les termes de quadruplets. Elle nécessite aussi un changement dans l'interprétation du troisième multiplet signalé récemment par Lacroute dans l'ultraviolet de Schumann. — M. **Henri Belliot** : *Influence de la nature du fixateur sur le développement après fixage des plaques photographiques inversées ou scolarisées.* — M. **P. Dejean** : *Mise en évidence des transformations des laitons contenant de 57,5 à 63,5 pour cent de cuivre, par l'étude de propriétés mécaniques.* — MM. **Albert Roux** et **Jean Cournot** : *Sur les transformations internes d'un cupro-aluminium.* Elles prouvent que, contrairement à ce qui se passe dans les aciers, la trempe du bronze d'aluminium maintient un constituant qui n'existe qu'à la température élevée, qui est probablement la combinaison Cu^3Al. — M. **Pierre Jolibois** : *Sur l'application aux variétés allotropiques du phosphore de la théorie de M. Smits.* — M. **Clément Duval** : *Sur une mono-ammine cobaltique.* — MM. **R. Locquin** et **V. Cerchez** : *Sur quelques dérivés de l'acide hydantoïne-3-acétique.* — M. **J. Dufay** : *Sur les spectres d'absorption de l'oxygène et de l'ozone dans la région ultraviolette.* On connaît les bandes d'absorption de l'ozone dans l'ultra-violet. D'autre part, divers auteurs ont signalé des bandes d'absorption dans l'oxygène sous forte pression, et ces bandes ont été attribuées à une molécule complexe. M. Dufay montre que les deux systèmes de bandes coïncident presque exactement. L'explication de ce fait reste incertaine ; on peut se demander si l'oxygène sous forte pression contiendrait de l'ozone.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 23 Novembre 1928.

1° Sciences mathématiques. — M. **K. Menger** : *La semi-constance des longueurs d'arc.* — M. **H. Hahn** : *Sur les images constantes d'étendues.* — M. **F. Dehmer** : *Sur les continua irréductibles.*

2° Sciences physiques. — MM. **J.-B. Niederl** et **R. Casty** : *Nouvelles condensations de cétones avec des phénols. II. Nouvelles crésol-phorones.*

3° Sciences naturelles. — M. **F. Heritsch** : *Coraux du Carbonifère de Veitsch en Styrie supérieure.* — M. **O. Wettstein** : *Amphibiens et Reptiles de Palestine et de Styrie.* L'auteur décrit 3 espèces d'Amphibiens et 22 de Reptiles rapportées par R. Ebner de son voyage en ces régions. Il insiste spécialement sur le *Lacerta fraasii* Lehrs, décrit en 1910 d'après un seul exemplaire provenant du Haut-Liban et qui n'avait pas été retrouvé; Ebner en a rapporté 8 exemplaires nouveaux. — M. **E. Smreker** : *Sur des anastomoses entre les canalicules de la dentine et les corpuscules de cément chez le chamois.* L'auteur a constaté chez cet animal une ample liaison entre les corpuscules de cément et les canalicules de dentine, phénomène qui avait été mis en doute chez l'homme.

Séance du 6 Décembre 1928.

1° Sciences mathématiques. — M. **W. L. Ayres** : *Sur des généralisations des continua de Jordan.* — M. **G. Bergmann** : *Sur l'axiomatique de la Géométrie élémentaire.*

2° Sciences physiques. — MM. **L. Moser** et **O. Brandl** : *Détermination et séparation des métaux rares d'autres métaux.* XIII : *Vérification de l'analyse pondérale du vanadium et deux nouvelles méthodes pour sa détermination.* Les auteurs montrent qu'il est possible, par précipitation d'une solution de métavanadate alcalin en présence d'acétate de Na et en solution très faiblement alcaline, de parvenir à l'orthovanadate d'Ag ; celui-ci supporte la calcination au rouge sombre et constitue une bonne forme de pesée, de plus grand poids moléculaire que le métavanadate d'Ag. D'autre part, les auteurs sont parvenus à obtenir en solution très faiblement acide (à *p*H minima) la précipitation du pyrovanadate de Pb à l'état pratiquement pur. Enfin, les auteurs ont constaté que la précipitation connue de l'acide vanadique par le nitrate mercureux devient quantitative en l'absence de tout sel d'Am et en présence de H^2O^2. — MM. **L. Moser** et **F. List** : *Id.* XIV. *Séparation du béryllium des métaux alcalins, et des métaux du groupe du sulfure d'ammonium et du groupe de l'arsenic.* Deux voies conduisent à la séparation du beryllium : l'une reposant sur la formation de complexes d'adsorption avec l'acide gallique et un autre métal, qui suivant la nature du métal sont pratiquement insolubles dans les acides minéraux, l'acide acétique ou en solution neutre; l'autre reposant sur l'hydrolyse de l'ion Be par le nitrite d'Am et l'alcool méthylique, qui fournit l'hydrate Be (OH^2) bien filtrable et n'adsorbant pas d'ions étrangers. Les auteurs indiquent comment, à l'aide de l'un de ces deux moyens, on peut séparer Be de Ca, Sr, Zn, Ni, Co, Cd, Mn, As, Sb, Sn. — M. **F. Hœlzl** : *Le corps de Buff et le sel de Bunsen.* Le corps de Buff $FeC^{18}H^{42}N^6O^6Cl^2$ se décompose en solution aqueuse, sans addition d'eau, en alcool et acides ferrocyanhydrique et chlorhydrique libres. La dissociation du corps de Buff correspond exactement à celle du sel de Bunsen $[Fe(CN)^6]H^4\ 2HCl.6NH^3$. Dans les deux cas il s'agit de sels doubles, qui n'ont qu'une très faible solidité comme complexes. Ils doivent être considérés comme des sels de l'acide hexacyano-ferreux tétrabasique avec la base alcool. — MM. **E. Spæth** et **N. Polgar** : *Sur une synthèse de dérivés non hydrogénés de l'isoquinoline.* Les auteurs, en chauffant les dihydroisoquinolines avec de la mousse de palladium à 150°-180°, ont obtenu avec de bons rendements les bases déshydrogénées correspondantes, difficiles à préparer par d'autres moyens.

3° Sciences naturelles. — MM. **B. Finzi**, **W. Adensamer**, **F. Kœufel**, **H. Strouhal** et **H. Priesner** : *Contribution à la connaissance de la faune grecque, en particulier des Iles égéennes.* Ces communications enrichissent nos connaissances sur les fourmis, les Mollusques terrestres et d'eau douce, les Isopodes terrestres et les Rhynchotes de la Grèce continentale et des îles de la mer Egée.

L. B.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Novembre 1928.

M. **Pierre P. Grassé** et Mlle **Odette Tuzet** : *Le spermatozoïde de la Balane*, Balanus perforatus *Brug.* Le spermatozoïde de cette Balane ne présente de particulier que le grand développement et la position extranucléaire du bâtonnet chromatique antérieur Une telle disposition n'était connue que dans le spermatozoïde de la Méduse *Aureli autorita* et dans le gamète des Grégarines, Cette structure a été retrouvée dans le spermatozoïde de la Balance *Chthamus stellasus*. — M. **L. Schabad** : *Les tumeurs primitives du poumon dans la descendance des Souris badigeonnées au goudron.* Dans les générations successives d'animaux traités au goudron, on observe une augmentation notable de la fréquence des tumeurs primitives du poumon. Chez les descendants (61,2 p. 100), le nombre total des tumeurs obtenues est double de celui qui a été noté chez les parents (27,8 p. 100) et 12 fois plus grand que celui qui a été fourni par les animaux de la même souche non soumis aux expériences (5 p. 100). Les tumeurs primitives du poumon chez les descendants sont plus souvent multiples et apparaissent chez des sujets plus jeunes que dans la série paternelle. Mais, chez les uns comme chez les autres, les auteurs n'ont jamais constaté l'apparition de tumeurs avant la fin de la série de badigeonnages. La descendance des Souris traitées par le goudron possède donc une *prédisposition spéciale* pour les tumeurs primitives du poumon. Enfin, si les animaux d'une génération n'ont pas subi le traitement par le goudron, la prédisposition se retrouve chez les Souris de la génération suivante. — M. **J. Papadopoulo** : *Sur un virus provoquant la gangrène des extrémités chez le Lapin.* L'auteur a observé un Lapin de son laboratoire présentant spontanément un

état morbide bien particulier, caractérisé par une chute des poils sur une grande partie du corps (successivement, pattes, colonne vertébrale, face) avec gangrène concomitante des tissus sous-jacentes. L'animal est mort au bout de 5 mois dans un état de maigreur extrême. D'après les renseignements de certains éleveurs, la maladie semble exister chez les Lapins. Il semble qu'il s'agisse là d'un virus inconnu, qui serait localisé uniquement sur le système nerveux central, et c'est par les lésions des centres nerveux qu'on doit expliquer la série des troubles trophiques observés et qui caractérise cette entité morbide de nature inconnue. — M. **A. Casanei** : *Résultats des inoculations de souches algériennes de* Trichophyton violaceum *aux animaux*. L'inoculation de cultures de diverses souches algériennes de *Tr. violaceum* a permis de transmettre la teigne au Chien, au Chat et au Singe, et d'étudier les caractères de la maladie expérimentale chez ces animaux. L'auteur a pu infecter également le Cobaye (on sait que *Trychophyton* est exceptionnellement pathogène pour cet animal). Des tentatives d'inoculation à d'autres animaux sont restées infructueuses. Toutes les souches utilisées, de provenances très diverses, n'ont pas présenté de différences appréciables du point de vue de la virulence. *Tr. violaceum* est toujours du type endothrix dans sa vie parasitaire. La ressemblance entre le parasitisme du cheveu humain et le parasitisme des poils du Chien et du Singe est grande ; elle est moindre chez le Chat et surtout chez le Cobaye. — M. **J. Jolly** : *Action des rayons ultra-violets sur les mouvements amiboïdes des leucocytes*. L'auteur a exposé aux rayons ultra-violets deux gouttes de sang dont l'une était recouverte par une lamelle de quartz transparente et l'autre par une lamelle de verre de même épaisseur. De plus des préparations témoins étaient laissées à la même température sans être exposées aux rayons. Après une irradiation de 40 à 60 minutes, les mouvements de beaucoup de leucocytes sont déjà arrêtés sous le quartz alors qu'ils persistent dans les autres préparations. Au bout de 12 à 24 heures, sous le quartz, les globules sont en grande partie hémolysés et la plupart des leucocytes sont morts ; du côté du verre, il n'y a ni hémolyse, ni altération des leucocytes ; pourtant l'intégrité des éléments est plus parfaite encore dans les témoins. Une petite quantité de rayons nuisibles passe donc à travers la lamelle de verre. Ces résultats sont très différents de ceux qu'on observe dans les même conditions avec les rayons X et avec les rayons γ. — MM. **P. Remlinger** et **J. Bailly** : *Recherches sur l'immunisation antituberculeuse par voie nasale*. L'instillation nasale des antigènes de Nègre et Boquet et Besredka n'a, chez le Cobaye aucun influence sur l'évolution de la tuberculose. Une légère survie (21 jours) a été par contre notée chez les animaux traités par le BCG. De plus l'épreuve nasale l'a toujours emporté en sévérité sur l'épreuve conjonctivale. — MM. **P. Remelinger** et **J. Bailly** : *Sur la difficulté de la vaccination du Cobaye par le bacille bilié de Calmette et Guérin*. Il est très difficile de préserver le Cobaye à l'aide du B.C.G. Quelles que soient les voies d'introduction du Bacille, les doses employées, les modalités de l'administration, la même déception attendent l'expérimentateur. Après inoculation de Bacilles tuberculeux le jour moyen de la mort s'est presque toujours trouvé à peu près le même chez les vaccinés et chez les témoins. Le Cobaye paraît donc convenir très peu aux recherches sur la vaccination par le B.C.G. — MM. **J. Valtis**, **A. Saenz** et de **Sanctis Monaldi** : *Sur la production du phénomène de Koch par inoculation chez les Cobayes tuberculeux des filtrants tuberculeux*. Les auteurs ont pu obtenir, dans trois cas sur quatre, un phénomène de Koch typique par l'inoculation hypodermique, à des Cobayes tuberculeux, de filtrant provenant des cultures de Bacilles de Koch ou de produits pathologiques tuberculeux. — M. **Jean Van Beneden** : *Phénomène de Koch obtenu chez le Cobaye par injection sous-cutanée de filtrant tuberculeux*. L'auteur a observé un phénomène cutané nécrotique identique au phénomène de Koch, après inoculation par voie sous-cutanée de filtrant tuberculeux à des Cobayes infectés soit par des produits tuberculeux, soit par du liquide de filtration de produits bacillifères au travers de la bougie Chamberland L^3. Ces faits semblent démontrer à nouveau une identité de nature entre le virus passant au travers de la bougie Chamberland L^3 et le Bacille de la tuberculose. — MM. **J. Valtis** et **A. Saenz** : *Sur la sensibilité générale à la tuberculine des jeunes Cobayes*. Les jeunes Cobayes réagissent de la même facon que les adultes à l'epreuve tuberculinique intrapéritonéale et cela pendant la période durant laquelle l'épreuve tuberculinique intradermique est négative. Ces faits montrent que l'absence de sensibilité de la peau (voie intradermique) à la tuberculine chez les jeunes Cobayes n'est pas due à une inaptitude réactionnelle générale des jeunes organismes vis-à-vis de la tuberculine, mais bien aux caractères anatomiques et physiologiques de leurs téguments. — M. **P. Nicaud** ; *Les lésions expérimentales dans l'aspergillose*. La nature des lésions expérimentales dans l'aspergillose, chez le Cobaye ou le Lapin, rend discutable le terme de pseudo-tuberculose aspergillaire. Si les lésions affectent un aspect qui rappelle les lésions tuberculiniformes, l'analyse attentive des lésions montre qu'aucun élément ne peut être rapproché des éléments qui constituent un tubercule typique. Les lésions expérimentales présentent des caractères très différents des lésions aspergillaires pulmonaires humaines. — M. **P. Nicaud** : *Les formes actinomycosiques de* l'Aspergillus fumigatus. — M. **Jean Lorenzini** : *Sur la tolérance expérimentale au plomb colloïdal*. Le plomb colloïdal, associé à l'hyposulfite de sodium, conserve une stabilité parfaite pendant un temps assez long pour rendre possible son emploi dans la pratique, et il peut être toléré, à des doses très fortes sans aucun inconvénient. Ces faits permettent d'envisager des applications plus étendues dans la saturnothérapie du cancer, laquelle jusqu'ici semble être entravée par la toxicité très accentuée des préparations employées. — M. **Jiano**, **Tzovaru** et **Serban Bratiano** : *A propos de l'histologie des plexus nerveux lombo-aortiques et hypogastriques dans les névralgies du cancer utérin inopérables*. Dans tous les plexus nerveux prélevés sur neuf malades, atteintes de cancer utérin inopérable on constate d'une manière presque constante des lésions de névrite. Si ces altérations ne peuvent expliquer l'intensité des douleurs, elles

augmentent sans doute, la sensibilité des fibres sensitives centripètes de l'utérus malade. La disparition complète de la douleur, par la résection du plexus lombo-aortique, doit être considérée comme un phénomène d'interruption d'une voie nerveuse sensitive importante, qui en l'espèce, paraît être ce plexus. — M. **A. Chauchard** et Mme **B. Chauchard** : *Influence de la ligature des artères carotides et vertébrales sur l'excitabilité de l'écorce cérébrale.* — M. **G. Bohn** et Mme **A. Drzewina** : *Nouvelles recherches sur les effets de masse dans les agglomérations animales et essais d'interprétation.* On sait que la résistance plus ou moins grande que divers organismes marins et d'eau douce opposent à des agents nocifs du milieu, dépend du rapport de la masse des organismes à la masse du liquide environnant. Tout se passe comme si, en présence d'un agent nocif, les animaux émettaient rapidement une ou des substances qui auraient pour effet de les désensibiliser ou au contraire de les sensibiliser ; suivant les espèces et les solutions, il y a *auto-protection* ou *auto-destruction*. Des travaux récents (Robertson, Pawlow et surtout Allee) ont confirmé cette manière de voir. Enfin des recherches toutes récentes ont montré aux auteurs que la survie des divers organismes, leur résistance aux agents nocifs, se trouvent accrues ou diminuées suivant qu'ils se trouvent dans un vase de verre ou dans un vase revêtu de paraffine ou de stéarine comme si ces surfaces catalysaient certaines réactions favorables ou nuisibles à l'être vivant. On peut alors penser que sans émettre de substance, par le fait seul de leur présence, les animaux groupés dans un espace restreint s'influenceraient mutuellement, se sensibiliseraient ou se désensibiliseraient comme le font les réactions chimiques au dessus de la paraffine ou de la stéarine. Il y aurait catalyse par contact.

Séance du 24 Novembre 1928.

M. **Juan Bacigalupo** : *Sur l'importance des Spirochètes en pathologie humaine.* Il est indiqué de rechercher toujours les Spirochètes dans les suppurations chroniques, d'autant plus que ce passage à la chronicité est souvent la conséquence d'une infection spirochétienne surajoutée. Elle ne peut guérir sans un traitement spécifique et local. — MM. **M. Weinberg** et **M. Mahailesco** : *Cas de charbon symptomatique sans* Bacillus chauvaei *ni vibrion septique.* 1° Le + *B perfringens* fait partie, dans un certain nombre de cas de la flore microbienne du charbon symptomatique typique. Il peut même, à lui seul causer cette infection. 2° Le sérum qu'on utilise pour traiter le charbon symptomatique doit, pour être plus efficace, renfermer également les anticorps anti-*perfringens*, et anti-*œdematiens*. — M. **R. Courrier** : *Insuline et folliculite.* Contrairement à l'opinion de E. Vogt, les hormones pancréatique et follicullaire n'agissent pas de la même façon sur le tractus génital. L'auteur a montré expérimentalement que : 1° L'insuline n'exerce pas sur la femelle castrée l'action caractéristique de la folliculine (modifications de l'épithélium vaginal). 2° L'insuline n'exerce d'action ni empêchante ni favorisante sur la folliculine. 3° Alors que l'injection de folliculine provoque, chez la Lapine un échec à la nidation, l'insuline ne semble pas agir sur la grossesse. Si ces deux hormones peuvent provoquer la stérilité, c'est par des mécanismes essentiellement différents. L'insuline doit son action stérilisante à l'influence directe qu'elle exerce sur les follicules ovariens, elle arrête en effet leur évolution. La folliculine, au contraire, ne semble pas agir sur l'ovaire. Si elle a une influence stérilisante, c'est sans doute par son action directe sur le muscle utérin. — M. **F. Caridroit** : *Le testicule peut-il féminiser le plumage d'une Poule ordinaire ovariectomisée?* Il n'existe pas de preuves indiscutables de la féminisation, par un testicule, du plumage d'une Poule ordinaire ovariectomisée. La gonade droite, que l'on voit souvent apparaître après ablation précoce de l'ovaire, ne doit pas être considérée *a priori* comme un testicule responsable de l'apparition du plumage femelle. Dans le cas décrit par l'auteur, cette gonade a subi une évolution qui en a fait un ovario-testicule. Les ovocytes semblent s'être formés après le tissu testiculaire, ce qui expliquerait la présence d'une crête mâle avant l'apparition du plumage femelle. — MM. **G.-I. Katz** et **E.-A. Leibenson** : *Extraits mixtes de glandes et de tissus d'animaux à sang chaud.* L'extrait mixte préparé par les auteurs (glandes endocrines et quelques autres organes d'animaux à sang chaud) produit une action stimulante très nette sur les contractions cardiaques sur les animaux à sang chaud, chloroformés ou non. — MM. **A. Lacassagne, G. Fournier** et **J. Lattès** : *Mise en évidence par leur différence d'action biologique de deux groupes de rayonnements de l'uranium X, inégalement absorbables.* L'irradiation de testicules de Chien, a montré qu'à chacun des deux groupes de rayonnements émis par la source (groupe absorbable et groupe pénétrant) correspond une action biologique différente : l'une, imputable aux radiations absorbables, provoque une nécrose totale de tous les éléments vivants, sur une étendue de quelques millimètres autour du foyer ; l'autre dont on peut penser théoriquement que l'effet s'exercera jusqu'à une distance sept fois plus grande, a un *effet cellulaire électif*, portant sur les éléments de la lignée séminale, à l'exclusion du syncytium de Sertoli, de la glande interstitielle, des tissus connectivo-vasculaires. — MM. **A. Lacassagne, J. Lattès** et **G. Fournier** : *Modifications produites dans l'épithélium séminal par les rayons de l'uranium X.* Il y a similitude entre les effets produits dans le testicule par les rayons β de l'uranium X et ceux bien connus produits par les rayons X. Ce fait paraît en faveur de l'opinion théorique, admise par beaucoup, qu'il n'y aurait pas de différence spécifique entre les actions biologiques des rayonnements vibratoires du type des radiations X et γ, et celles des rayonnements corpusculaires du type des radiations β. — M. **A. Chauchard** et Mme **Chauchard** : *Rôle des collatérales des artères vertébrales et carotides dans l'irrigation de l'écorce cérébrale.* Les expériences faites par les auteurs montrent la place prépondérante qui revient aux spinales dans le maintien de l'irrigation sanguine de l'écorce cérébrale après ligature de la carotide primitive et de la vertébrale. L'intégrité de ces collatérales permet un apport de sang suffisant pour maintenir l'excitabilité corticale tandis que les collatérales carotidiennes et leurs anastomoses sont incapables d'assurer la persistance de cette fonction. —

MM. **G. Roussy** et **E.-C. Craciun** ; *Signification de la glycogénie du sarcome de Jensen.* Les caractères de la glycogénie du sarcome de Jensen peuvent se résumer comme il suit : 1° elle se manifeste dans les cellules tumorales aussi bien que dans les cellules du stroma ; 2° les cellules glycogéniques sont en nombre restreint par rapport à la masse totale de la tumeur ; 3° les foyers de glycogénie se trouvent très souvent au niveau d'un tissu troublé dans sa nutrition. Par ses caractères, la glycogénie paraît être un processus réactionnel qui accompagne les phénomènes de dystrophie, de réparation ou de nécrobiose tissulaires. Quant au mécanisme de la glycogénie, il s'agit d'un processus de mise en évidence des groupements glycose et glycogène jusqu'alors invisibles, et auquel on peut donner le nom de glycophanérose. Cette glycogénie réactionnelle peut être une glycogénie simple réversible ou une glycogénie dégénérative, irréversible.

Séance du 1er Décembre 1928.

M. **Robert Debré** et **Henri Bonnet** : *L'origine tuberculeuse d'un épisode fébrile avec splénomégalie est reconnue par la bacilloscopie intraganglionnaire du Cobaye inoculée avec le sang du patient.* — M. **Gustaw Dehnel** et **Jan Tur** : *Sur la durée des stades embryonnaires.* En réunissant leurs observations, portant sur des milliers d'embryons de Reptiles (Lézards, Chéloniens) et d'oiseaux sauvages et domestiques, les auteurs ont constaté que le développement embryonnaire, tout continu qu'il soit, procède par périodes d'activité intense, alternant avec des phases de ralentissement relatif des processus morphogéniques. C'est ainsi, par exemple, que chez les Sauropsidés, les stades dits « de gastrulation », ou plutôt de la formation du mésostoma, se déroulent très lentement : par contre la formation du prolongement céphalique et des premières paires de protosomites doit s'effectuer à une allure très rapide. Il est plus que probable que les états de ralentissement évolutif peuvent devenir des phases critiques et le point de départ des phénomènes tératogéniques. — M. **Gustaw Dehnel** : *Sur deux types différents du développement primaire des Oiseaux.* L'étude des caractères du blastoderme, pratiquée chez trente-deux espèces d'Oiseaux, permet de répartir les jeunes embryons d'Oiseaux en deux types distincts. Dans le premier type, l'écusson embryonnaire ne se développe que sous l'aspect vague d'un léger « épaississement ectodermique central ». Dans le second type, au contraire, l'aire transparente reste très longtemps arrondie et contient un écusson embryonnaire considérablement épaissi, rappelant à s'y méprendre la même formation constante chez les Reptiles. En comparant ces deux séries d'espèces, on constate que le premier type de développement est propre aux *Autophagae* et le second aux *Insessores*. On sait d'ailleurs que ces deux groupes se distinguent aussi entre eux par les propriétés de l'albumine leurs œufs. On voit donc que cette différence s'accuse aussi dans les caractères morphologiques de leur embryogénèse. — M. **Jan Tur** : *Sur un processus singulier « d'action à distance » dans l'évolution diplogénique.* Dans tous les cas de diplogénèse embryonnaire, chaque centre individuel paraît tendre à réaliser tous ses composants, dans la mesure du possible. L'auteur signale quatre cas exceptionnels (chez trois Poules et un Canard). Chez ces monstres doubles, les composants internes des ébauches nerveuses et des protosomites montrent un arrêt sensible de développement, et même sont tout à fait absents. Malgré la distance assez sensible des deux individus, les régions sus-nommées se comportent comme si elles avaient à construire un embryon simple en deux parties éloignées l'une de l'autre. Cette « action à distance » des deux ébauches est d'autant plus incompréhensible que les régions thoraco-caudales des deux germes où se produit ce phénomène, paraissent être absolument séparées, topographiquement et histologiquement. — M. **P. Bonnet** : *Note préliminaire sur les phénomènes de la mue, de l'autotomie et de la régénération chez les Araignéides.* — M. **Louis Roule** : *L'habitat probable du Saumon atlantique* (Salmo salar L.) *pendant sa vie de croissance marine au large de l'Europe occidentale.* L'habitat du Saumon, pendant sa vie de croissance marine, (qui embrasse souvent plusieurs années consécutives, pendant lesquelles s'effectue la principale croissance corporelle des individus — au taux de 2 à 3 kgr. par an) doit se trouver selon toutes probabilités, sur les pentes préabyssales situées au delà du plateau continental. Curieux résultat, et d'apparence paradoxale, d'une oecologie qui fait pêcher en eaux douces des Poissons venant de plus loin et de plus bas, dans la mer, que la plupart des espèces vraiment marines. — M. **G. Roussy** et **E.-C. Craciun** : *Glycogénie du sarcome de Peyton Rous.* Par tous ces caractères, la glycogénie du sarcome de la Poule du type Rous, est très sensiblement comparable à celle du sarcome du Rat blanc, du type Jensen. Dans les deux cas il s'agit d'un phénomène réactionnel qui se localise avec prédilection autour, ou au niveau, de certaines zones de nécrose, dans des cellules qui ont conservé un certain degré de vitalité, au début du processus de glycophanérose. Mais la tumeur de Rous a une évolution relativement plus rapide que celle de Jensen ; et d'autre part, le métabolisme du glycogène chez la Poule paraît être soumis à des conditions particulières. Ce fait pourrait expliquer, jusqu'à un certain point, pourquoi la glycogénie du sarcome de Rous est habituellement du type dégénératif et irréversible, alors que la glycogénie simple, non lésionnelle, y est très rare. — M. **Alexandre Cantacuzène** : *Structure anatomique des tumeurs bactériennes de* Saccorhiza bulbosa. — M. **P.-L. Violle** : *Du rôle des colloïdes dans le pouvoir anagotoxique des eaux minérales.* L'auteur a cherché à voir si l'action anagotoxique des eaux minérales n'était pas due à la présence des colloïdes qu'elles pouvaient contenir. Les expériences faites avec l'eau de Contrexéville (Pavillon) et de Saint-Nectaire (Parc), montrent que s'il existe des colloïdes dans les eaux expérimentées, ces colloïdes ne joueraient qu'un rôle accessoire dans l'action anagotoxique de ces eaux minérales. Le rôle principal semble être joué par les substances cristalloïdes.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens.—2-29.